Revue générale des Sciences
pures et appliquées
et Bulletin de la Société Philomathique

T. LVIII N°s 11-12 1951

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Un Nouveau Manuel de Préhistoire

Utilisant les plus récentes publications, Furon donne de son **Manuel de Préhistoire** (1re éd. 1939, 2e éd. 1943) une 3e édition qui contient plusieurs chapitres nouveaux. Ce livre renferme une si riche documentation qu'on ne peut énumérer toutes les questions exposées (1).

La première partie (Géologie et Préhistoire) contient un historique, un aperçu des méthodes, des précisions sur la limite du Quaternaire (le Villafranchien doit être considéré comme le premier étage), sa durée qui peut atteindre 1.425.000 ans (J. Blanchard). La description des phénomènes glaciaires dans les divers continents conduit à l'examen critique des hypothèses relatives à leurs causes, notamment celle du déplacement des pôles. Après présentation des tentatives d'explications des mouvements des côtes, Furon montre que l'étude des dépôts océaniques, notamment des Foraminifères, permettra d'établir d'une manière indiscutable la stratigraphie géologique et climatologique du Quaternaire. Des notions précises sont fournies sur : étages géologiques, Villafranchien ,terrasses fluviatiles, volcanisme, cycles marins, phases glaciaires, lœss, solifluctions et industries humaines. Comment établir la chronologie ? Zones d'accroissement des troncs d'arbres, varves, donnent des renseignements très précis, mais valables seulement pour des régions déterminées : « Tout essai de télésynchronisme doit être banni. » Un tableau (p. 87) montre que, pour les douze derniers millénaires, on peut établir, grâce aux résultats des analyses polliniques des tourbes, un synchronisme des phases climatiques et phases de végétation de l'Angleterre à l'U. R. S. S. centrale.

Da deuxième partie (Biogéographie) réunit un grand nombre de connaissances sur Flore et Faune. Pour les Végétaux, le chapitre commence par l'étude de quelques types de végétation de l'Eurasie. Puis nous faisons connaissance avec les flores éocènes, miocènes, villafranchiennes, de la Celle-sous-Moret, de Jarville et de leurs conditions de gisement. Des fluctuations de la flore et de la végétation ont déduit des considérations thermoclimatiques. Végétaux utiles, surtout alimentaires, sont cités et leur origine

(1) **FURON Raymond.** — Manuel de Préhistoire générale. — Paris, Payot, éd. 1951. Un vol. 535 p., 1 tabl., 180 fig. et cartes.

recherchée. On trouve des restes d'animaux dans différentes sortes de dépôts, les Mammifères retiennent longuement l'attention et, pour un certain nombre, l'amplitude thermoclimatique est indiquée. Les Mollusques peuvent rendre service pour reconstituer les anciennes conditions écologiques des différentes stations. Les principales faunes (de toundra, des steppes, ou de type africain ou indo-africain) indiquent les conditions climatiques qui régnèrent aux lieux où on les retrouve. Dans le troisième chapitre (Evolution des Primates, Origine de l'Homme), les découvertes les plus récentes sont relatées au même titre que les plus anciennes.

Dans la troisième partie (Préhistoire : Paléolithique et Mésolithique), il faut signaler les « Notes de géographie ancienne » (variations de la Manche, de la mer du Nord et de la Méditerranée). Furon marque bien les relations qui unissent les différentes disciplines par cette phrase : « C'est dans ce cadre vivant de la Géologie et de la Biogéographie du Quaternaire que s'intègrent la Préhistoire, puis la Protohistoire. » Pendant le million d'années du Paléolithique, la Pensée et l'Art évoluent en même temps que l'industrie. A chaque phase, caractérisée par un outillage différent, correspondent des modifications de faune, de climat. C'est une véritable mise au point que « Naissance et évolution de la Baltique » (pp. 312-314).

La quatrième partie (Pierre polie et métaux, Protohistoire) nous conduit jusqu'au début de notre ère. Qu'il s'agisse des Néolithiques ou de peuples protohistoriques ayant un nom, Furon note les conditions de vie et les modifications (par exemple, les pages consacrées au Sahara), les échanges de peuple à peuple, les migrations humaines, les animaux domestiqués, les plantes cueillies et cultivées. Propagations du Fer, du Bronze sont figurées sur des cartes. Un tableau fait apparaître nettement la non-concomitance dans différents pays de l'utilisation des métaux (pour le Cuivre : en Egypte au 6[e] millénaire, en Europe occidentale entre —2500 et —2000). Les déplacements massifs des peuples des steppes dépendant évidemment de la péjoration du climat : en Sibérie, la limite de la forêt recule vers le Sud, le froid tue les derniers Mammouths, les nomades cherchent de nouveaux pâturages, les cultivateurs de nouvelles terres... Les migrations des Celtes, la civilisation gauloise retiennent aussi longuement l'attention. Autres aperçus sur les innombrables faits relatés : civilisation urbaine en Orient, fondation de ports industriels, développement des connaissances (astronomes assyriens, philosophes de la Chine, de l'Inde, etc.).

Par son choix judicieux des documents qu'il analyse et dont il compose un tout homogène, par son style très concis, l'auteur a réussi à présenter en un seul volume toute l'histoire de l'humanité en y incluant la Protohistoire, transition insensible entre la Préhistoire et l'Histoire. Le souci de l'exactitude apparaît chaque fois qu'est signalé ce qui reste hypothétique. Signalons le nombre élevé de figures, cartes, et la présence d'un index. En terminant, insistons encore sur le fait que cet ouvrage montre l'étroite et nécessaire interdépendance de « disciplines » différentes : Géologie, géographie, climatologie, biogéographie (plantes et végétaux vivants ou disparus), préhistoire proprement dite, etc. Non seulement le texte, mais les très nombreuses références bibliographiques donnent à ce livre une haute valeur documentaire ; il ne sera pas seulement lu par le « grand public » auquel il est « destiné », mais souvent consulté par tous ceux qui s'intéressent à l'histoire de l'Homme et du peuplement végétal, animal ou humain.

Paul JOVET.

IVe Exposition du Chauffage Industriel thermique et thermodynamique appliquées à l'occasion du IVe Congrès International du Chauffage Industriel

Une Exposition du Chauffage Industriel aura lieu au Parc des Expositions du 27 septembre au 12 octobre 1952, à l'occasion du IVe Congrès International du Chauffage Industriel. Elle groupera toutes les activités industrielles procédant de la Thermique et de la Thermodynamique appliquées.

Reprenant une tradition de naguère, interrompue par les événements, cette manifestation sera semblable aux Expositions de 1923, 1928 et 1933 ; elle permettra de faire le point des nouvelles techniques et des immenses progrès réalisés depuis vingt ans dans tous les domaines de la Thermique et de la Thermodynamique appliquées.

La classification de l'Exposition sera en principe la suivante :

Groupe A : Les combustibles, élaboration, conditionnement et technique d'emploi.

Groupe B : Production et utilisation de la vapeur d'eau.
Groupe C : Matériaux spéciaux pour hautes températures.
Groupe D : Fours et appareils divers.
Groupe E : Emploi direct des combustibles dans les moteurs.
Groupe F : Appareils de laboratoire et présentation d'organisation et d'études tendant au perfectionnement technique et économique.

Pour tous renseignements : Commissaire général de l'Exposition M. J. Compère, 66, rue de Rome, Paris (8e). Tél. LABorde 86-40.

Renouvellement des abonnements

Afin d'éviter du retard dans le service de la Revue, nous prions nos lecteurs — si ce n'est déjà fait — de bien vouloir verser le montant de leur abonnement pour 1952 (France : 900 fr. ; Etranger : 1.000 fr.) à notre compte chèques-postaux : Paris, 5625-02.

La Cryoscopie à haute température

par Georges PETIT
Docteur ès Sciences Physiques
Chargé de Recherches au C. N. R. S.

INTRODUCTION

L'exploration systématique de tous les aspects suggérés par une théorie générale, l'application aux milieux les plus divers d'une technique bien précisée, représente par excellence la méthode rationnelle dans la recherche scientifique.

La cryoscopie à haute température peut être considérée comme un exemple type de la généralisation de techniques classiques, de l'application de théories paraissant bien étayées, à un cas très particulier d'un état liquide très spécial : le sel fondu et les solutions dans ce milieu.

Grâce à elle, il est possible d'établir une physico-chimie des liquides à haute température sur des bases théoriques et expérimentales solides, identiques en principe à celles devenues classiques pour les solutions aqueuses ; à un point de vue théorique d'étudier le comportement de liaisons chimiques placées dans des conditions très spéciales de température et de solvant ; à un point de vue pratique d'asseoir l'électro-chimie et l'électro-métallurgie sur des bases expérimentales rationnelles ; de prévoir la préparation, l'expliquer le mécanisme de formation, par des méthodes électrolytiques nouvelles ; de métaux obtenus actuellement par des voies toutes différentes.

Si la cryoscopie en milieu salin avait déjà été utilisée par certains auteurs, Lowenherz (1895), utilisant comme solvant les points de transition des hydrates (1*a*), Livingstone, les points indifférents (1 *b*), Muller (27) les eutectiques, Boutaric et Leenhardt (1911), Lewis et deux de ses élèves, Godwin et Kalmus (1 *e*), un sel fondu, c'est à M. le professeur Darmois (2), (3), (4), (5) avec ses élèves Pierret, Cessac, Chalin, que revient le mérite d'une exploration systématique des solvants à concentration ionique considérable, avec Rolin (6), (7), l'extension au milieu sel fondu, fusible à haute température.

Cette cryoscopie constitue une technique de recherche qui, par le milieu auquel elle s'applique, par ses résultats, est tout à fait originale. Elle apporte la sûreté de techniques bien connues, à l'exploration précise de tout un nouveau domaine de la physico-

chimie auquel le facteur « Haute température » confère un caractère particulier, tout en lui gardant cette solidité des travaux expérimentaux classiques, chimie d'un Moissan alliée à la physique d'un Raoult.

Nous allons tout d'abord rappeler les résultats généraux classiques de la cryoscopie, afin de mieux mettre en évidence l'incidence de la température, d'une part, de la structure très spéciale du solvant, d'autre part, sur les facteurs qui la définissent.

Mais auparavant, nous profitons de cette occasion qui nous est offerte pour souligner avec quelle amabilité MM. les professeurs Jolibois, Orcel, Raguin, Wyart, ont bien voulu nous confier quelques échantillons de leurs collections minéralogiques. Nous les prions d'accepter ici l'expression de nos plus vifs remerciements.

Nous remercions M. le professeur Darmois d'avoir bien voulu nous permettre de continuer ces recherches.

Les notions expérimentales

A la suite des travaux de Raoult (8), Van't Hoff pour les solutions quelconques et Arrhénius pour les solutions d'électrolytes (9), (10), créèrent une théorie devenue classique, établissant un parallélisme entre les manifestations statistiques des ensembles polyparticulaires dispersés, gaz ou corps dissous. On savait déjà que les lois des gaz parfaits ne s'appliquaient pas à tous les systèmes gazeuz, il n'est donc pas étonnant que leur application aux solutions fasse apparaître des difficultés tenant aux interactions des particules entre elles. Dans le cas le plus général, ces particules varient même de nature en présence du solvant. Parallèlement aux gaz non parfaits, on doit avoir ce que l'on appelle une solution « non idéale ».

Ces données peuvent être matérialisées. Etablissons dans le cas qui nous intéresse, ce que nous appellerons une *courbe cryoscopique*, obtenue en portant avec Raoult, en abcisses la molarité du corps dissous et, en ordonnées la dépressison thermique molaire définie comme étant le rapport $\frac{\Delta t}{m}$, rapport de la dépression thermique Δt expérimentalement constatée à la molarité m. Nous obtenons dans le cas le plus général (mais nous verrons que ce n'est pas absolu) une courbe qui, partie d'un point initial A, correspondant à une molarité limite nulle, croît ou décroît avec les molarités croissantes (*fig.* n° 1 où la courbe décroît).

Pour un même solvant et certains corps (non électrolytes dans ce solvant) le point A est indépendant de la nature du corps dissous. A la limite de dilution (pour m → O) O A possède une valeur constante K qui ne dépend que du solvant. La relation $\frac{\Delta t}{m} = K$ est donc une relation d'autant plus valable que la dilution est plus

grande, c'est dans ce sens que les lois de Raoult sont considérées comme lois limites. Pour une molarité quelconque $\left(\frac{\Delta t}{m}\right)_m = mM'$ si l'on pose $\frac{Mm}{M'm} = \frac{OA}{M'm} = \Phi$

Nous aurons :

$$\Delta t = K \times m \times \Phi$$

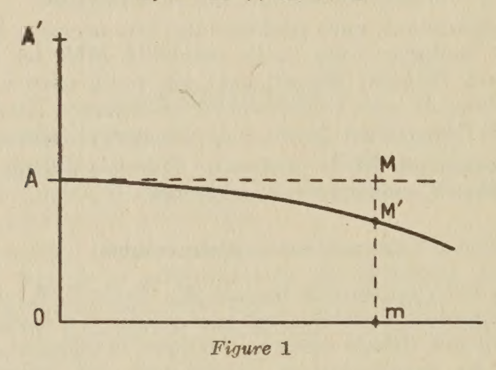


Figure 1

si la solution était idéale, la loi de Raoult s'appliquerait pour une molarité quelconque, la courbe cryoscopique serait une horizontale. Φ serait égal à 1. Le rapport Φ entre la valeur $\left(\frac{\Delta t}{m}\right)_0$ théorique vers laquelle tend $\frac{\Delta t}{m}$ quand m tend vers zéro et la valeur réelle $\left(\frac{\Delta t}{m}\right)_m$ de ce rapport pour la molarité m est une mesure du caractère non idéal de la solution de molarité m.

Φ représente ce que nous appellerons le « coefficient osmotique ».

Enfin, une autre discordance classique existe. Dans le cas d'électrolytes dissous dans des solvants ionisants, la valeur O A' du rapport $\left(\frac{\Delta t}{m}\right)_0$ est un multiple entier n de la valeur OA obtenue précédemment pour un non électrolyte.

Donc

$$\Delta t = K \times m \times n\,\Phi$$

A la limite de dilution, les interactions entre particules dissoutes s'annulent par suite de l'augmentation des distances qui les séparent, la solution prend un caractère idéal. Le nombre n traduit un phénomène valable à la limite. Comme expérimentalement, pour un électrolyte forte binaire, n = 2, ternaire n = 3, etc., il est possible de dire que n représente le nombre de particules données par la coupure d'une molécule initiale sous l'influence du solvant, ou si l'on veut

encore, qu'il donne le rapport entre la concentration particulaire limite réelle, et la concentration particulaire calculée théoriquement en admettant que la molécule initiale ne se coupe pas.

Ce nombre de particules est donné expérimentalement par la valeur limite $\left(\frac{\Delta t}{Km}\right)_0 = n$

vers laquelle tend $\left(\frac{\Delta t}{Km}\right) = n\,\Phi$ quand m tend vers zéro ($\varphi \rightarrow 1$).
Ce rapport pour une molarité quelconque est égal au produit $n\Phi$.

L'ACTIVITÉ

Le facteur Φ .

Le facteur Φ , coefficient osmotique, peut être défini d'une façon générale comme le rapport entre la valeur α d'une propriété d'un fluide réel et la valeur α_∞ qu'elle possèderait si ce fluide était parfait, état vers lequel il tend lorsque ses particules s'éloignent (par dilution, par exemple).

Le mélange est idéal (voir (11) et (12), $\Phi = 1$, lorsque, suivant la définition d'Ewan, indépendamment de la concentration et de la température, la courbe cryoscopique est une horizontale ; qu'il s'effectue sans variation de volume ni échange de chaleur avec l'extérieur et que les propriétés sont additives, c'est-à-dire que si X mesure la propriété du mélange, x_A et x_B celles des constituants A et B, et si μ est le rapport molaire $\mu = \frac{N_A}{N_A + N_B}$ (N_A et N_B étant les moles).

on a

$$\mu\, x_A + (1 - \mu)\, x_B = X$$

En général, ce n'est pas le cas. Les formules classiques issues de la statistique des gaz parfaits ne s'appliquent pas. Les auteurs invoquent deux théories très générales, distinctes dans des cas extrêmes, mais qui, en général, doivent certainement interférer.

1° La théorie particulaire classique et incomplète d'Arrhénius, dont une variante est la théorie de Dolezaleck, où les solutions sont considérées comme idéales mais où la rétrogradation d'ionisation ou la formation de complexe réduit la concentration particulaire (solution quasi idéale).

On sait que sa traduction mathématique, grâce à la loi de dilution d'Oswald n'est vérifiée expérimentalement que pour les électrolytes faibles. Autre lacune, la théorie de Van't Hoff-Arrhénius ne tient aucun compte de l'action du solvant.

2° La théorie de l'action à distance, qui s'ébauche avec la théorie de la pression interne suggérée par les liaisons de Van der Waals (théories de Van Laar, Hildebrand).

La solution tend d'autant plus vers le caractère idéal que les interactions entre particules du solvant entre elles d'une part, du corps dissous entre elles d'autre part ou entre les particules solvantes et dissoutes sont plus faibles.

Cette interaction qui, dans l'esprit de leur auteur, devait être la liaison de Van der Waals, terme vague, doit être généralisée. On doit y englober toutes les influences possibles des particules entre elles, influences dues aux liaisons de Van der Waals, aux liaisons ioniques, associations de dipôles, liaisons chimiques, solvatation et enfin un facteur suggéré par la thermodynamique statistique.

Considérons un ensemble formé de 2 types de particules (1) et (2). Le nombre d'états microscopiques, de complexions, est fonction de toutes les permutations possibles en les particules n° 1 et les particules n° 2.

Si celles-ci sont à peu près identiques au point de vue encombrement (forme, volume), l'échange d'une particule n° 1 par une particule n° 2 donne un nouvel état microscopique très semblable au premier. Mais qui peut, par contre, différer énormément si les particules sont très différentes, d'où une dépression assez considérable.

Toutes ces interactions sont condensées, du point de vue expérimental, dans la notion d'activité suivant Lewis.

L'activité générale de Lewis (14).

Toutes les relations classiques étant établies en négligeant le caractère non idéal des systèmes polyparticulaires, il s'ensuit que celles-ci sont approximatives, sinon fausses. Pour conserver ces relations, Lewis a introduit la notion théorique d'activité, qui peut être définie comme une concentration fictive remplaçant la concentration réelle dans les relations classiques de telle sorte que ces dernières s'appliquent rigoureusement. On aura par définition :

$$C_a = C_\gamma \times \gamma$$

C_a = activité,
C_γ = concentration de la solution réelle,
γ = facteur d'activité.

Définition purement empirique, tendant à sauvegarder un appareil mathématique inexact, le concept d'activité de Lewis ne présentait pas d'intérêt physique réel.

De base purement expérimentale, elle représente la résultante de tous les facteurs qui confèrent à un système réel un caractère très éloigné parfois du système théorique, gaz parfait ou solution idéale. *Le facteur d'activité* γ , *traduit* expérimentalement dans le cas qui nous intéresse par une courbe cryoscopique, *est fonction de la résultante de toutes les attractions ou répulsions de tous ordres pouvant intervenir entre les particules considérées.*

L'activité ionique de Debye et Hückel (16).

Cette théorie a été établie pour expliquer le caractère non idéal accentué des solutions aqueuses d'électrolytes forts.

Milner (voir Glasstone, p. 124), puis Bjerrum en 1909, Ghosh en 1918 émettent l'hypothèse qu'un tel milieu est totalement ionisé. La concentration ionique est constante ; l'effet osmotique n'est point uniquement une manifestation de concentration, mais la conséquence d'une interaction entre ions dont le nombre reste constant (1). Cette hypothèse a été vérifiée expérimentalement. Elle a incité Debye et Hückel à établir une théorie nouvelle.

Ses principes fondamentaux sont les suivants :

a) Un électrolyte fort est ionisé totalement à toute concentration.

b) Il existe une interaction ionique qui, *sans diminution de concentration particulaire*, agit *sur l'effet osmotique*.

Il existe un gradient de potentiel au voisinage d'un ion, freinant la mobilité des ions voisins.

Debye et Hückel calculent le travail nécessaire pour déplacer une charge donnée dans ce champ de potentiel péri-ionique, ils définissent ainsi le terme μ « force ionique », donné par l'expression

$$\mu = \frac{1}{2} \sum n_i Z_i^2$$

ou n_i est le nombre d'ions d'espèce i,

Z_i la valence des ions d'espèce i considérée.

Ils établissent ensuite la différence Δ F entre l'énergie libre d'une solution idéale et de la solution réelle qui leur donne par différence la valeur du terme correctif, donc γ.

Ils trouvent dans les solutions diluées une expression de la forme

$$\log \gamma = - AZ^2 \sqrt{\mu}$$

(loi limite de Hückel)

(où A représente une constante) donnant les valeurs de γ_i et γ_s (activité) des ions i dissous et des solvants) et qui indique une variation d'activité du corps dissous sous l'influence du solvant et vice-versa.

C'est là le point fondamental

L'interaction entre particules dissoutes est fonction des interactions entre particules du solvant.

Ainsi un même corps doit donner des courbes cryoscopiques différentes suivant la nature de ce solvant (17), (18), 19).

C'est là un progrès considérable sur la théorie d'Arrhénius qui négligeant ce dernier ne lui faisait jouer que le rôle d'un milieu inerte.

Nous verrons l'apport considérable de cette notion à la traduction des phénomènes se passant en milieux ignés.

Nous compléterons donc l'énoncé précédent par celui-ci : *l'activité expérimentale de Lewis, traduit la résultante de toutes les attractions et répulsions possibles entre les particules issues du système dissous ; interactions fonction non seulement de la nature de ces particules, mais aussi de la nature du milieu qui les environne.*

C'est là la raison du caractère très spécial donné aux résultats expérimentaux par la structure du solvant sel fondu.

Activité et solvant igné (17), (18).

Le problème de l'activité du corps dissous soulève d'après la relation (2) celui de la force ionique du milieu.

Considérons par exemple la solution aqueuse d'un électrolyte fort. L'ionisation de l'eau pure, donc sa force ionique, est très faible. Les variations de molarité de l'électrolyte dissous en solution diluée feront varier considérablement la force ionique du milieu, donc son activité.

Du point de vue physique, nous dirons que, dans un solvant caractérisé par un champ électrique faible entre les particules constituantes, l'interaction électrostatique entre ions du corps dissous sera considérable. Le caractère non idéal sera prononcé. Expérimentalement la courbe cryoscopique tombera rapidement.

Considérons maintenant un solvant constitué par un hydrate salin fondu tel que :

$$Cl^2\,Ca\,.\,6\,OH^2 \qquad \text{ou} \qquad SO^4\,Na^2\,.\,10\,OH^2$$

Arrhénius postule qu'il existe dans un tel milieu électrolytique concentré un équilibre entre les molécules entières et dissociées, ou même une rétrogradation totale d'ionisation. Ajoutons une petite quantité d'un sel, nous devons d'après cet auteur faire varier l'équilibre, donc la force ionique, donc l'activité de ce sel dissous.

Or, l'expérience montre qu'il n'y a pas variation, l'addition d'une petite quantité d'un électrolyte fort ne fait pas varier sensiblement la force ionique, donc l'activité du milieu dissous. Fait que nous ne pouvons comprendre qu'en admettant une ionisation totale du milieu à forte concentration. La démonstration théorique de ce fait fondamental fait appel au théorème de Stortenbecker (20) que nous appellerons avec Rolin (7) le théorème de l'ion commun.

L'addition d'un composant ne fait pas varier l'activité du composé, qui reste en équilibre avec le solide à la même température. Le point de fusion n'a pas varié.

Ce résultat est applicable aux constituants de tous les systèmes ; en particulier aux électrolytes forts en solution saturée, aux hydrates salins et aux sels fondus comme nous le redirons.

Il indique donc une ionisation d'un sel fondu. Ce théorème peut s'écrire différemment :

Si A est un composant : $\frac{dt}{dA} = 0$

En particulier *dans un solvant ionisé l'addition d'un ion commun avec ceux du solvant ne modifie pas le point de fusion ; seules interviennent dans la dépression thermique les particules étrangères.*

C'est ce que Chalin (4) a vérifié dans le cas du chlorure de calcium hydraté fondu.

Les conséquences pratiques en sont considérables. Ce théorème permet de déterminer si un électrolyte en solution concentrée au maximum est ionisé, et la nature de l'ion qu'il émet. Mais surtout, un tel milieu totalement ionisé possède une force ionique considérable.

L'addition d'une petite quantité d'électrolyte fort laissera cette force ionique constante, donc l'activité du corps dissous.

Une solution d'ions dans un solvant totalement ionisé se comportera donc comme une solution idéale.

Les interactions entre ions du corps dissous seront pratiquement nulles ou du moins très faibles.

Dans un tel solvant les courbes cryoscopiques seront donc des horizontales ou du moins s'en approcheront.

L'effet sera le plus élevé possible dans un électrolyte fort fondu qui de même est *ionisé* malgré sa concentration maximum comme le montre l'application à ce milieu du théorème de Stortenbecker, vérifié expérimentalement en constatant l'influence nulle d'un ion sodium sur la dépression du point de fusion de la cryolithe (7) ou d'un ion lithium sur la dépression du borate de lithium (33).

L'interaction entre ions est donc nulle. Et là encore, le comportement des solutions d'électrolytes forts dans les sels fondus se rapprochera au maximum du comportement des solutions idéales. Les courbes cryoscopiques seront des horizontales, comme le montre l'étude des halogènures alcalins et des aluminates, par exemple.

Nous généraliserons ce résultat en disant :

Dans un solvant dont l'état liquide est déterminé par des interactions particulaires d'un type donné, toute liaison de ce type entre particules du corps dissous est négligeable, mais ne le sont pas les liaisons d'un autre type.

Nous voyons donc que l'interprétation des courbes cryoscopiques est simplifiée dans les solvants sels fondus, puisque ceux-ci par leur nature propre éliminent un type d'interaction. L'interprétation d'une courbe cryoscopique est donc d'autant plus simple que les solvants possèdent des liaisons d'un type plus net et plus énergétique. A ce point de vue, les solutions aqueuses présentent le maximum de complexité.

Les conséquences de ce résultat sont les suivantes : obtenues en transcrivant les critères « d'idéalité » des solutions (voir 11 et 12) et qui ici, rappelons-le, s'adressent à des solutions d'électrolytes forts dans des sels fondus.

Il n'existe pas de variation thermique lors de la dissolution d'un sel fort par exemple dans la cryolithe fondue. La chaleur de dissolution de ce sel est égale à sa chaleur de fusion. Les propriétés de la solution sont calculées à partir des propriétés des constituants suivant la règle d'additivité.

Nous pouvons encore dire que toute molécule à liaison purement ionique se coupera dans tout solvant à force ionique élevée en donnant des solutions idéales et ceci indépendamment des autres conditions du milieu.

Activité de Van der Waals.

L'activité due aux forces de Van der Waals est faible vis-à-vis de celles dues aux interactions ioniques.

Il est vraisemblable que toutes les interactions de ce type sont d'un ordre de grandeur comparable entre tous les ions, en tout cas négligeable devant l'interaction ionique. D'après le principe de la page 331, elles n'interviennent en aucun solvant.

Activité due aux dipôles.

Cette activité ne doit jouer aucun rôle si l'on ne considère que des ions simples à symétrie sphérique (1).

D'autre part, les ions complexes étudiés ici de formule (MO^2) possèdent d'après la théorie de valences dirigées une parfaite symétrie électrique. (Les liaisons M-O sont en ligne droite.)

Influence du diamètre des particules (18) *activité de dimension.*

La thermodynamique statistique indique comme cause d'abaissement d'activité une grosse influence des différences de taille et de forme entre les particules du corps dissous et du solvant.

Evidemment, nous avons des cas d'espèces, mais si nous considérons la cryolithe qui est notre solvant type, et que nous admettions que sa structure est (voir page 5, 2[e] partie).

$$|Al\,F^6|^{=}\,Na^{3+} \leftrightarrows F^3\,Al + 3F^- + 3Na^+$$

Nous obtenons les rayons particulaires suivants en Angströms d'après Goldschmidt

$R\,(Al\,F^6) \# R\,(Al^{+++}) + R\,(F^-) = 1.90$ Å

$R\,(F^-) = 1.33$ Å

$R\,(Na^+) = 0{,}98$ Å

Nous avons un ensemble de particules de rayons d'environ : 1 ; 1,33 ; 2 Å ; c'est-à-dire un large éventail de dimensions. Les ions dissous possèdent en général des rayons compris dans ces limites de grandeur, si bien que ce facteur ne doit pas intervenir beaucoup

en milieu cryolithique, sauf dans le cas du glucinium, dont le rayon se place nettement en dehors de ces valeurs extrêmes. Peut-être est-ce à cette propriété qu'il doit l'exhaussement de sa courbe cryoscopique (voir 2e partie).

Ces derniers effets sont certainement négligeables aux molarités considérées. L'expérience montre, en effet, que les molécules non clivées ($Si O^2$, $Ti O^2$) donnent des droites horizontales.

Activité par liaison semi-polaire.

Il existe un fait fondamental ; à la température considérée, la courbe cryoscopique des oxydes n'est point une horizontale. Les autres facteurs tendant à l'abaisser ayant été éliminés, il ne reste plus très vraisemblablement qu'une interaction tendant à créer une liaison chimique, plus précisément une liaison semi-polaire suivant le schéma

$$M + (|\overline{\underline{O}}|)^{=} \longrightarrow [M \leftarrow \overline{\underline{O}}|]$$

Il s'ensuit qu'en milieu igné l'affaissement de la courbe cryoscopique indique sans doute l'apparition de molécules entières. Donc, avec une très grande probabilité de vraisemblance, une application directe de la théorie classique d'Arrhénius, naturellement avec la réserve de l'existence d'une solvatation. Nous dirons donc,

a) qu'un non électrolyte donnera une horizontale pour une particule (molécule non coupée),
b) qu'un électrolyte fort donnera une horizontale pour n particules,
c) qu'un électrolyte faible donnera une courbe de transition entre les paliers précédents.

D'après ces conceptions, les oxydes se comportent comme des sels d'un acide faible à anion non volatil.

Interaction ion-molécule.

Il existe un cas où la théorie de Debye ne peut s'appliquer, où l'activité ionique doit être remplacée par l'activité semi-polaire. C'est celui où une molécule peut s'unir avec un ion.

Considérons par exemple la courbe cryoscopique du métasilicate de sodium ($Si O^3 Na^2$). Il est normal de s'attendre en solution cryolithique à une droite horizontale (24) pour $n = 1$, par suite du théorème de Stortenbecker. C'est ce que l'on observe pour des dilutions moyennes, ce qui montre l'existence d'un ion $(Si O^3)^{=}$.

Pour les dilutions de plus en plus faibles, la courbe cryoscopique s'élève vers 2 particules traduisant l'évolution du système vers $Si O^2 + O^{=}$.

Nous avons ici en présence une molécule et un ion qui ne peuvent donner d'interaction que par liaison de coordinance et que nous écrirons

$$Si O^2 + |\overline{\underline{O}}| \longrightarrow [O^2 Si \leftarrow \overline{\underline{O}}|]^{=}$$

C'est un exemple type d'un affaissement de la courbe cryoscopique qui ne peut être due à une interaction ionique du type de Debye et

Hückel et qui doit donc relever de la théorie classique d'Arrhénius. Naturellement, un tel palier ne peut être décelé que lorsqu'il n'existe qu'un équilibre. S'il en existe plusieurs superposés, nous ne verrons qu'un effet global. Expérimentalement, la courbe n'aura pas de palier ; c'est très vraisemblablement ce qui se passe dans le cas des aluminosilicates et polysilicates (24).

Cependant, une telle conclusion ne peut être acceptée sans réserve. Il nous faut émettre l'hypothèse toujours possible d'une interaction précovalentielle sans formation d'un lien chimique proprement dit.

Nous pouvons cependant admettre qu'en milieu sel fondu les phénomènes sont simplifiés. La courbe cryoscopique réelle doit tendre vers la courbe théorique que donnerait la théorie d'Arrhénius-Dolezaleck, alors qu'elle en est très différente en milieu aqueux.

Il est alors possible, si cette hypothèse est exacte, d'appliquer la loi de dilution d'Ostwald classique aux solutions ignées. Pour une molarité m, $\frac{\Delta t}{m}$ est alors fonction du facteur de dissociation qui donne la constante d'équilibre suivant Ostwald, c'est-à-dire qu'il est possible de déduire les concentrations ioniques de la courbe cryoscopique en admettant que la loi d'action de masse s'applique aux molarités (28).

Activité de solvatation.

La solvatation est un phénomène bien connu en solution aqueuse (21), (22). Elle est étayée par des mesures sur lesquelles nous n'insisterons pas (31), (32).

Du point de vue cryoscopique, on sait que les sels anhydres donnent des abaissements thermiques moins grands que les sels hydratables ; on a invoqué pour expliquer ce fait une élévation de la concentration particulaire due à la fixation du solvant sur les particules, il ne nous semble pas *a priori* que, pour les concentrations faibles que l'on utilise en cryoscopie, une solvatation soit assez intense pour amener un effet très considérable. Il semble préférable d'invoquer la démonstration de M. le professeur E. Darmois (21).

Soit U l'énergie de fusion d'un cristal on constate que cette destruction s'effectue facilement en présence d'un solvant, soit U' sa nouvelle valeur, la différence peut être considérée comme énergie de solvatation Es. Cet enrobement par le solvant, des parties dissoutes, diminue donc l'interaction entre les ions, cette solvatation augmente l'activité théorique de Debye et Hückel et pratique de Lewis. Elle relève la courbe cryoscopique qui tendra d'autant plus vers l'horizontale, que la solvatation sera plus forte.

On peut montrer l'existence probable d'une solvatation en milieu cryolitique fondu en considérant les courbes cryoscopiques données par l'oxyde de glucinium d'une part, et par l'oxyde de calcium d'autre part (7). Si pour une molarité non limite la courbe

doit être d'autant plus élevée que l'électropositivité du métal est plus grande, alors la courbe de l'oxyde de calcium devrait être plus élevée que la courbe de l'oxyde de glucinium. Or, c'est le contraire que l'on observe (7).

Le facteur N

La coupure de la molécule

Le facteur N est donné par la valeur vers laquelle tend le rapport $\left(\frac{\Delta t}{Km}\right)$ quand m tend vers zéro.

Dans la théorie d'Arrhénius, rappelons que l'affaissement de la courbe cryoscopique provient uniquement de la diminution de N qui ne prend de valeur maximum qu'à la limite, ce qui confère ce caractère de loi limite aux lois de Raoult.

Dans l'hypothèse de Bjerrum (ionique) n reste constant, indépendant de la molarité, seule l'activité varie.

Le fait qu'elle tend vers 1 quand m tend vers zéro, confère aux lois de Raoult leur caractère de lois limites.

Nous ne nous occuperons ici que de la valeur de N pour une dilution infinie, dont le sens physique est le même dans les diverses théories. Il représente le nombre de particules données par une *seule molécule isolée* se coupant sous l'influence du solvant.

Il nous faut étudier quels sont les facteurs permettant de comprendre cette coupure.

Nous allons d'ailleurs voir que c'est une étude assez hypothétique à l'heure actuelle et qui ne peut donner que des résultats grossièrement qualitatifs. D'une façon générale, toute liaison possède suivant les théories modernes un certain caractère ionique et covalentiel.

Si E_i représente l'énergie théorique d'une liaison parfaitement ionique.

E_c l'énergie théorique d'une liaison parfaitement covalentielle.
E_s l'énergie de solvatation.

Nous écrirons que l'énergie réelle E de liaison est donnée par l'expression :

$$E = E_i + E_c \qquad (1)$$

En présence d'un solvant on aura à la température θ

$$E\theta = E_i + E_{c\theta} - E_{s\theta} \qquad (2)$$

Si le solvant (comme c'est le cas des sels fondus) possède une force

ionique considérable, nous pourrons écrire que l'interaction ionique est nulle, donc

$$E_\theta = E_c - E_{s\theta} \qquad (3)$$

où E_θ représente l'énergie de la liaison à la température considérée, α_θ le facteur de contribution de la forme ionique de cette température et qui est fonction de celle-ci.

Cette équation représente, outre le facteur ionique du sel fondu (élimination du terme E_i) le facteur thermique qui influe sur E_c et sur la liaison de covalence dont l'énergie diminue quand θ croît par suite du rapport entre l'énergie de liaison de covalence et la distance internucléaire qui augmente avec θ.

Remarquons tout d'abord la simplicité relative de cette équation par rapport à celle que l'on obtient en phase aqueuse pure où aucun terme ne peut être éliminé.

Il est à peine besoin d'ajouter que la discussion d'une telle équation ne peut être que qualitative.

La relation (3) indique cependant que la liaison se coupera d'autant mieux qu'elle est plus ionique, ce qui paraît évident.

L'expérience de ce point de vue donne des résultats très satisfaisants. En milieu cryolithique les oxydes alcalins et alcalino-terreux donnent un nombre d'ions égal au nombre de leurs atomes (7).

D'après Rolin, certains oxydes du type $M^2 O^3$ se couperaient en donnant trois particules (7) (bore, aluminium, métaux de la famille du fer), mais l'oxyde de lanthane, métal très positif, donne, comme nous l'avons montré, 5 particules (24).

Un exemple très net est offert par les oxydes du type $M O^2$.

La silice et le rutile correspondant aux éléments les moins positifs de la colonne ne se coupent pas (7), par contre, comme nous l'avons montré (24), les oxydes de zirconium, cérium, uranium, thorium se coupent en 3 particules. Les métaux moins positifs, molybdène, tungstène, donnent des oxydes du type $M O^3$, qui ne se coupent pas. MO^3 de même. (G. Petit, résultats non publiés.) Nous voyons donc que la clivabilité d'une liaison dans un milieu possédant une force ionique considérable est directement fonction de la différence d'électro-positivité des éléments. En fait, chez les oxydes, par exemple, nous pourrons dire que la stabilité de la liaison de l'oxygène avec un élément donné, va en croissant pour une même période avec le numéro croissant de la colonne dont font partie ces éléments dans la classification de Mendelejeff, et dans une même colonne avec le numéro décroissant de la période. Nous verrons plus loin qu'un oxyde est d'autant plus stable qu'il est plus acide, pour un même élément il est d'autant plus stable qu'il est plus riche en oxygène.

La considération du nombre N permet de montrer que des ions stables dans un solvant igné sont fréquemment comme dans l'eau des ions complexes. Rolin (7), par exemple, a pu montrer l'existence de l'anion $(AlO^2)^-$, de même nous avons pu déceler chez les silicates la formation, à la limite de dilution, d'une molécule de silice provenant très vraisemblablement de la dissociation d'un ion $(Si\ O^3)^{=}$, stable à molarité moyenne.

Il est vraisemblable que les tungstates, titanates donnent des résultats analogues (Mergault, travail à paraître prochainement), de même que les uranates.

Influence de la température.

L'équation $(1-\alpha)E_c - E_s$ fait intervenir la température, d'une part, par α qui en est fonction, et par E_c qui doit diminuer avec son élévation.

APPLICATION

Solvant igné et pouvoir dissolvant

Ces considérations sur la coupure d'une seule molécule doivent s'appliquer à la coupure des macromolécules.

Ce sera la solubilisation qui peut être définie comme la désagrégation d'une molécule géante sous l'influence d'un solvant.

Le caractère fondamental des solvants à haute température, en particulier la cryolithe, est leur pouvoir dissolvant quasi universel. Il est intéressant d'étudier les raisons d'un tel pouvoir.

La liaison ionique, étant inhibée en milieu sel fondu, il s'ensuit que toute molécule géante qui possède des liaisons de ce type, disposées suivant les 3 dimensions de l'espace, sera disloquée.

Le principe généralisé de la page 331, suivant lequel toute liaison d'un type donné est annulée par tout solvant dont l'état liquide est assuré par des liaisons de ce type, est l'explication du vieil adage empirique « Le semblable est dissout par le semblable ». En milieu sel fondu seront donc insolubles les molécules géantes possédant uniquement des liaisons covalentielles suivant une, deux, trois dimensions. La théorie précédente de la coupure est ici applicable, la seule différence étant la nature différente des liaisons dans la macromolécule et dans la molécule seule.

Ainsi un sel fondu sera un dissolvant extraordinaire par suite d'effets :

a) électro-statiques (force ionique maximum),

b) thermiques (augmentation du caractère ionique, bombardement intense) avec l'élévation du point de fusion,

c) solvatation.

A priori devront être inclivables les liaisons très covalentielles donc homopolaires qui rendent insolubles les molécules géantes qui les contiennent, macromolécules des éléments. Ex. : formes allotropiques du carbone (graphite, diamant, bore, silicium), ou hétéropolaires mais possédant un caractère covalentiel considérable, c'est-à-dire noté classiquement avec des liaisons multiples, ce qui est le cas du carbure de silicium (insoluble comme nous l'avons vérifié).

De plus, pour un même métal, les sulfures devraient se dissoudre moins bien que les oxydes.

Malheureusement, les molécules géantes à réseaux covalents tridimensionnels étant en général très dures, non façonnables, il s'ensuit que le graphite et les métaux représentent actuellement les seules matières insolubles dans les sels fondus à haute température ; encore faut-il remarquer que les métaux utilisables sont fonction du solvant. Le platine, par exemple, utilisable en présence des borates, ne l'est pas en présence de la cryolithe. De plus, les métaux toujours oxydables à ces températures élevées donnent en présence de l'air un oxyde soluble dans le solvant ; ce qui, outre les ennuis mécaniques dus à cette solubilité indirecte du métal, apporte une perturbation à la détermination cryoscopique elle-même.

A l'heure actuelle, pour étudier la cryolithe, solvant qui, jusqu'à présent, a été de beaucoup le plus utilisé au laboratoire, seul reste le graphite, corps facilement accessible et usinable, rigoureusement insoluble.

Son caractère solvant universel présente donc de nombreux inconvénients pratiques, mais aussi de très nombreux avantages.

A priori, tout corps étant susceptible d'être dissous, il est possible de se livrer à son gré sans restrictions expérimentales à des études systématiques sur les dérivés les plus divers de tous les éléments que l'on peut ainsi choisir.

Ces conceptions peuvent se traduire d'une façon plus rigoureuse, tout au moins donnant plus prise au calcul.

Considérons un sel peu soluble. En solution saturée, à l'équilibre, l'activité du corps dissous est égale à celle de son cristal. Sa concentration doit donc augmenter en solution, ce que l'on constate.

L'influence de la température est ici évidemment parallèle à celle qu'elle aura sur le clivage d'une seule molécule.

En résumé, dans des solvants à force ionique considérable doivent respectivement se dissoudre ou se couper, en donnant des solutions parfaites, les molécules géantes ou les molécules simples possédant des liaisons ioniques parfaites à la température considérée. Toute insolubilité, ou non coupure, ou même non idéalité devant suggérer l'existence d'un certain degré covalentiel dans les

diverses liaisons. Ce test simple n'est pas toujours en accord avec les résultats donnés par les rayons X. A notre avis, il y a là un point important de l'utilisation théorique des solubilités ou des courbes cryoscopiques en milieu à force ionique considérable.

L'augmentation de solubilité, la diminution d'interaction en fonction de l'élévation de température ne peuvent s'expliquer que par la simultanéité de l'augmentation de α (1) et de la diminution de E_c (2).

Le facteur K - constante cryoscopique

Solvant igné et constante cryoscopique.

L'expression : $\Delta t = K \times n \times m \times \gamma.$
définit K pour une molarité donnée où m est la molarité, c'est-à-dire le nombre de moles dissoutes dans 1.000 grammes de solvant.

Un calcul classique de thermodynamique conduit à l'expression :

$$K = \left(\frac{R}{J}\right)\left(\frac{1}{1.000}\right)\frac{T^2}{L_f} \# \frac{1}{500}\frac{T^2}{L_f}$$

R et J étant les constantes habituelles $\left(\frac{R}{J} \# 2\right)$

T étant la température absolue de fusion.
L_f la chaleur de fusion.

Pratiquement, cette expression permet tout d'abord le calcul de la constante cryoscopique à partir des données (on signalera en passant que la détermination expérimentale de K étant aisée par cryoscopie, elle permet plus souvent le calcul de L_f).

Son intérêt est surtout de nous indiquer l'élévation rapide de K avec la température de fusion. Pour l'eau, par exemple, K = 1,86, alors que pour la cryolithe K = 41 (PF = 1.006°, T = 1.281, L_f/mol = 16,64 kg cal.

Zarzicky très récemment (33) a déterminé la constante cryoscopique du métaborate de lithium. Il trouve K = 15.

Cette très grande valeur de la constante cryoscopique des solvants ignés favorise heureusement la technique. Pour des corps et des molarités identiques les dépressions thermiques sont plus intenses en milieu igné qu'en milieu aqueux, de telle sorte que la détermination de K regagne là en précision, ce qu'elle perd sur la moins grande exactitude dans la détermination des points de

(1) Révélée, par exemple, par l'apparition de l'acidité pour une température.
(2) Révélée par l'augmentation de distance, c'est-à-dire la dilatabilité.

fusion, plus délicate à haute température qu'à la température ordinaire.

Si une bonne cryoscopie en phase aqueuse demande une précision du 1/100ème de degré, une détermination d'une exactitude comparable sera faite dans la cryolithe avec une erreur de 1/10ème de degré. Nous remarquerons pour fixer les idées que la cryolithe, par exemple, possède une constante cryoscopique à peu près égale à celle du camphre, qui est comme on le sait un très bon solvant à ce point de vue.

G. PETIT.

(*Fin de la première partie*)

LES LIVRES REÇUS

BROGLIE (Louis de). — Les premiers Congrès de Physique Solvay (Albin Michel, Paris) 585 fr.

BROGLIE (Louis de). — La théorie des particules de spin 1/2 (Electrons de Dirac) (Gauthier Villars, Paris) 1.800 fr.

BOULIGAND (Georges). — L'Enseignement des Mathématiques générales par les problèmes (Vuibert, Paris).

BRODEAU (André). — Vibrations des solides déformables isotropes et anisotropes, homogènes et hétérogènes (Public. Scientifiques du Ministère de l'Air) 600 fr.

CAURO (E.). — Catalogue des Hyménoptères du département du Nord et régions limitrophes II. Tenthrédoides (Lechevalier, Paris) 500 fr.

DAUVILLIER (Alexandre). — Variations et origines du rayonnement cosmique (Ed. de la Revue d'Optique, Paris).

DELORE (P.) et MILHAUD (M.) — Précis d'Hydrologie et de Climatologie clinique et thérapeutique (Coll. Testut, Doin et Cie, Paris) 2.750 fr.

EISTEIN (Albert). — Sur le problème cosmologique. Théorie de la gravitation généralisée (Gauthier Villars, Paris) 500 fr.

GREGG (S.-J.). — The surface Chemistry of solids (Chapman et Hall, Londres) 30 sh.

LHERMITTE (Jean) : Les Hallucinations. Clinique et physiopathologie (Doin et Cie, Paris), 930 fr.

LOEB (Julien), FORTET (Robert), etc. : La Cybernétique. Théorie du signal et de l'information (Ed. de la Revue d'Optique, Paris), 1.600 fr.

MALLEMANN (de) et SUHER. — Constantes sélectionnées. Pouvoir rotatoire magnétique (Effet Faraday). Effet banéto-optique de Ker. (Hermann et Cie, Paris, dépositaire.)

MEUNIER (Louis) et VANEY (Clément). — La Tannerie, tome II (Gauthier Villars, Paris) 2.300 fr.

MICHAUD (Roger) : Contribution à l'étude des réactions mutuelles des cristaux dans la déformation des métaux polycristallins (Publ. Scient. et tech du Ministère de l'Air), 500 fr.

MICHEL (Robert). — Contribution à l'étude des couches limites turbulentes avec gradient de pression (Publ. Scient. et Tech. du Ministère de l'Air) 900 fr.

(Voir suite p. 349.)

Un progrès dans la connaissance de l'état métallique : les exo-électrons

par J. BERGIER et F. LE LIONNAIS

Le voile commence à se lever — imparfaitement et bien trop lentement au gré des savants et des historiens de la Science — sur certaines découvertes contemporaines qui étaient jusqu'ici restées secrètes pour des raisons d'ordre militaire ou politique.

On sait que des recherches importantes eurent lieu en Allemagne durant la période hitlérienne. Tout porte à croire que plusieurs d'entre elles ne sont pas sorties de l'ombre. Les investigations entreprises depuis la fin de la guerre par les alliés — le plus souvent chacun pour son compte — ne les ont probablement pas encore toutes détectées, et, dans la plupart des cas, un nouvel interdit a remplacé l'ancien. Nous ne vivons pas encore dans ce « *monde sans secrets ni barrières* » dont Niels Bohr évoque le nécessaire avènement dans une lettre qu'il vient d'adresser à l'O. N. U. (1).

Cependant, quelques-unes des découvertes que les nazis avaient mises sous le boisseau ont réussi à triompher des tabous de l'organisation sociale. C'est le cas des travaux poursuivis de 1933 à 1946 par le professeur Johannes Kramer avec la collaboration de nombreux savants et techniciens à l'Institut physico-chimique de Brunswick. Ces travaux, qui avaient déjà fait l'objet d'un article paru dans la « Zeitschrift für Physik » (125, 739-1949), sont exposés dans un important ouvrage, « *Der Metallische Zustand* » (143 pp., 111 figures), qui vient de paraître en 1950 aux Editions Vandenhœk et Ruprecht (à Göttingen), avec une préface du professeur Dr W. Kosters.

Ce livre ne comporte — en dehors d'un grand nombre de graphiques empiriques — aucun développement mathématique. Il se contente de rendre compte des expériences réalisées par M. Kramer et son équipe, en décrivant la technique employée pour chacune.

C'est dans le domaine de l'allotropie que s'inscrivent ces expériences. Elles jettent des ponts entre cette étude, celle des surfaces métalliques et la théorie électronique des métaux. Il n'est pas excessif de comparer la richesse de leur apport — tant pour sa nouveauté théorique que pour les répercussions qu'il laisse prévoir — à la découverte des semi-conducteurs.

Démonté en 1946, le laboratoire de Brunswick n'a pas été reconstruit depuis. Il n'est donc pas question d'y poursuivre les

---

(1) On en trouvera le texte intégral dans le n° 2 d'*Impact*, vol. I, 1950 (UNESCO, éditeur).

recherches qui y ont pris naissance. Par bonheur, les expériences de Kramer et de ses collaborateurs se prêtent pour la plupart à des vérifications faciles, quoique d'une interprétation délicate. D'autres laboratoires, en Allemagne et aux Etats-Unis notamment, ont pris la succession de leurs prédécesseurs de Brunswick. On trouvera une première confirmation de l'intérêt que les Américains accordent à cette question dans un article de Louw et Naudé paru dans « *Physical Reviews* » 1949, *76*, 571.

L'accord des savants n'est d'ailleurs pas encore réalisé sur bien des points. On peut lire notamment, dans le « *Journal of the Institute of Metals* », juin 1950, une étude de F. R. Nabarro qui conteste la valeur de la plupart des découvertes de J. Kramer. Sans prendre position dans une discussion où s'affrontent les spécialistes, nous avons cru intéressant d'en porter les principales données à la connaissance du grand public. L'avenir finira bien par prononcer, avant qu'il soit longtemps, un juste verdict.

Le phénomène de base et l'appareillage d'étude

On sait que tous les métaux peuvent expulser des électrons, soit sous l'action de la lumière (effet photo-électrique), soit sous celle de la chaleur (émission thermionique), soit après un bombardement par électrons négatifs ou par ions positifs (émission électronique secondaire). M. Kramer aurait découvert un quatrième mode d'émission d'électrons : l'émission *exo-électronique*. Elle se produirait lorsque le métal est le siège d'une transformation allotropique dégageant de l'énergie. C'est à cette dernière et indispensable condition que fait allusion le nom dont on a baptisé l'effet Kramer. Le terme d' « *exo-électrons* » nous rappelle qu'il s'agit d'électrons émis dans des transformations exothermiques (2).

On pourrait être tenté de rapprocher ce nouveau phénomène de l'émission d'électrons par certaines réactions chimiques (Haber, 1909). Il s'agit, en fait, de domaines bien distincts : l'effet Haber relève de la chimie, l'effet Kramer de la cristallographie. La vitalité de cette dernière découverte, l'intérêt et la variété de ses conséquences, lui confèrent, pour le moment du moins, une importance bien plus grande que celle de la chimie-électricité. Par contre, la comparaison avec l'effet thermodiélectrique (J. Costa de Ribeiro, 1942), dans lequel un changement d'état — congélation d'un diélectrique — s'accompagne d'une polarisation électrique durable, vient naturellement à l'esprit.

Les « exo-électrons » sont mis en évidence par une technique simple. Elle consiste à construire, soit un compteur de Geiger-Muller (à 1), soit un compteur de Geiger (à pointe), contenant la surface métallique à étudier.

---

(2) Nous aurions personnellement préféré le terme « Exothermo-électrons », afin d'éviter toute confusion ; il ne s'agit évidemment pas d'une nouvelle espèce d'électrons, mais d'un nouveau mode d'émission électronique.

On peut photographier les exo-électrons. On y parvient en accélérant dans le vide les électrons émis par une surface de rencontre polie à l'émeri, et en leur faisant traverser, avant de rencontrer la plaque photographique, une toile métallique percée de trous (3). Louw et Naudé sont actuellement en train de construire un appareil de Kramer enrichi d'une chambre de Wilson ; il permettra de photographier les trajectoires des exo-électrons dans la vapeur.

Ainsi susceptible d'être détectée, photographiée, mesurée avec précision, l'émission exo-électrique se révèle un agent précieux pour l'exploration des surfaces métalliques et des cristaux non métalliques et pour l'analyse des transformations qui s'y déroulent.

Quelques résultats d'ordre scientifique

Métaux et non métaux.

Dans son ouvrage fondamental : « *Théorie moderne des solides* » (1940), F. Seitz divise les solides cristallisés en cinq catégories :

a) Métaux,
b) Cristaux ioniques,
c) Cristaux de valence,
d) Semi-conducteurs,
e) Cristaux moléculaires,

dont il analyse magistralement les caractéristiques structurales. Le phénomène de Kramer apporte un matériel expérimental nouveau qui devrait permettre d'élucider bien des points obscurs de cet édifice.

Si la thèse du professeur Kramer est juste, la plupart des éléments appelés métaux, ainsi que de nombreux alliages, pourraient être mis sous une forme non métallique ; inversement, de nombreux métalloïdes pourraient prendre une forme métallique ; aussi rendrait-on mieux compte de la réalité en remplaçant les vieux termes « métal » et « métalloïde » par les expressions « *état* métallique » et « *état* non métallique », comme on dit : « *états* solide, liquide ou gazeux », ce qui correspond mieux au fait qu'une même substance peut exister sous ces trois états.

C'est sans doute par la conductibilité électrique que se caractérise le mieux l'état métallique. Son mécanisme a été progressivement élucidé par une pléiade de chercheurs : P. Drude (de 1900 à 1928), Riecke, H. A. Lorentz (1905), Tolman et Stuart — qui ont démontré expérimentalement le rôle des électrons (1915) — Debye, Gruneisen, A. Sommerfeld (1927) — qui l'illumina en s'adressant à la statistique de Fermi-Dirac — plus récemment Wigmer, Seitz,

(3) Ce phénomène pourrait d'ailleurs, selon les contradicteurs de Kramer, ne résulter que d'une oxydation superficielle.

Mott, Frenkel, Houston, etc... Ce n'est pas seulement parce que leurs atomes possèdent des électrons faiblement liés que les métaux conduisent le courant. Deux autres facteurs peuvent intervenir pour accroître ou restreindre cette aptitude : d'une part, la plus ou moins grande importance des imperfections du réseau cristallin, d'autre part, la plus ou moins grande agitation thermique des ions positifs. Ces deux phénomènes concourent à perturber la régularité des mouvements électroniques de la même manière qu'un nuage brouille un flux lumineux (4).

Si la conductibilité électrique commence, dans ses lignes maîtresses, à être comprise, elle n'en comporte pas moins des lacunes irritantes. C'est le cas de la superconductivité aux très basses températures (5). L'agitation thermique diminuant très rapidement avec la température, il n'est certes pas surprenant de constater que la conductibilité électrique augmente de même. Mais l'allure de ce dernier phénomène et, en particulier, la brusque variation qui se produit aux très basses températures, ne peuvent s'expliquer uniquement de cette manière et on ne pourra sans doute rendre compte quantitativement de ce phénomène qu'en faisant appel à la Théorie des Quanta. En même temps que cet effort d'élucidation — qui relève de la physique théorique — il semble que nous pourrions trouver dans l'effet Kramer une nouvelle tactique — expérimentale celle-là — pour aborder le problème.

L'un des aspects les plus prometteurs des techniques de Kramer est, en effet, la possibilité d'enregistrer des émissions d'exo-électrons en descendant jusqu'à une température de 73° K (6). Nous avons là un moyen inédit de prolonger certaines expériences de physique à des températures bien inférieures à celles que l'on renonçait à franchir. On peut espérer que l'étude des superconducteurs finira par bénéficier de cet élargissement.

Mais il y a mieux. M. Kramer estime que l'on s'achemine vers la découverte de superconducteurs nouveaux conservant leur précieuse propriété à des températures nettement supérieures à celles — extrêmement basses — où ils se manifestent actuellement (7). On se rend compte des répercussions d'une telle découverte — si elle se confirmait et si on pouvait la promouvoir du domaine

---

(4) On lira avec fruit, sur cette question, l'ouvrage de A. Travers : « L'atome et la valence », 1950.

(5) La découverte de la superconductivité fut annoncée en 1921 par Kamerlingh-Onnes. Rappelons qu'en franchissant le seuil de température de 4,3° K, la résistivité de l'hélium s'abaisse à 1/1.000.000 de sa valeur classique.

(6) 73° Kelvin, c'est-à-dire —200° Celsius (ou Centigrades).

(7) Le record du genre est détenu actuellement par le nitrure de columbium : cette substance devient superconductrice vers 14° K. C'est une température encore bien éloignée de celles où opère l'industrie.

du laboratoire où les supraconducteurs restent encore emprisonnés dans celui des techniques et du transport de l'électricité (8).

La phase non métallique des métaux.

Selon Kramer, il existerait deux méthodes générales pour l'obtention de la phase allotropique non métallique d'un métal quelconque.

La première consiste à bâtir la couche, en quelque sorte atome par atome. La deuxième se propose de partir d'un métal normal et d'en modifier le réseau cristallin.

On peut ranger dans le premier groupe l'électrolyse, certaines méthodes chimiques, les traitements thermiques et les combinaisons de hautes températures et de pressions (9). Au second groupe appartiennent les actions mécaniques sur les surfaces à transformer, et des recristallisations dans des conditions spéciales.

La transformation de la phase métallique en phase non métallique — et réciproquement — est marquée par un point de rebroussement très net dans la courbe d'émission des exo-électrons en fonction de la température. Selon l'auteur, cette température de transformation serait une température d'ionisation. Le potentiel d'ionisation des atomes métalliques à l'intérieur d'un réseau serait, toujours d'après lui, fortement abaissé par rapport au potentiel d'ionisation de ces mêmes atomes à l'état gazeux (10), et généralement avec l'émission des électrons sous l'action de champs électriques puissants.

Il serait intéressant de rapprocher ces recherches de celles qui concernent les films métalliques très minces dont les propriétés, à certains égards, se laissent mieux comparer à celles des semi-conducteurs qu'à celles des métaux.

---

(8) Rappelons les travaux de Grebe (1923) centuplant la conductibilité du soufre en l'irradiant avec des rayons X. Cette performance ne doit pas nous faire perdre de vue la difficulté du problème. Il n'est guère de propriété physique qui soit aussi susceptible que la résistivité de varier d'une substance à une autre. Pour amener celle du soufre à celle de l'argent, il faudrait diviser la première par 10^{21}.

Un fil de soufre ayant une longueur de 0 mm. 02 conduirait le courant électrique un peu mieux qu'un fil d'argent de même section et ayant une longueur égale à la distance de la Terre à l'étoile α du Centaure.

(9) Inversement, ces méthodes, convenablement modifiées, doivent permettre d'obtenir des métalloïdes à l'état métallique. A titre d'exemple, M. Kramer cite l'expérience de Bridgeman qui a réussi à transformer, sous une pression de 12.000 atmosphères à une température de 200°, du phosphore ordinaire en une variété allotropique de nature métallique. La théorie suivant laquelle toutes les substances deviennent métalliques si on leur applique une pression suffisante a été invoquée par le géologue V. H. Ramsey, professeur à l'Université de Manchester. Il défend l'hypothèse que le noyau liquide du globe terrestre ne serait pas formé de nickel et de fer — c'est la théorie classique du Nifé — mais de mêmes matériaux que ceux de l'écorce, « métallifiés » par la pression.

(10) On notera une certaine analogie avec l'effet Schottky.

L'étude des propriétés des phases non métalliques des métaux est déjà riche de faits nouveaux. Certains sont surprenants.

Mécaniquement, la fatigue résultant de torsions et de compressions se manifeste d'une façon très différente dans l'une et l'autre phases. Comme M. Kramer l'a vérifié, dans les cas du thallium et du manganèse, la densité change également.

Physiquement, les propriétés électriques et magnétiques sont profondément altérées. En particulier le fer et le nickel ne sont plus magnétiques dans leurs phases non métalliques. La phase non métallique des métaux présente les effets Stark et Zeeman. Peut-être y a-t-il là un chemin nouveau pour l'explication de l'effet des champs électriques sur la résistance des couches minces de métaux (effet Perucca). Les champs électriques puissants, produits par le réseau cristallin abaissant le potentiel d'ionisation, M. Kramer considère même que l'ionisation par collision est parfaitement possible dans la phase non métallique.

Chimiquement, c'est la passivité qui caractérise surtout la phase non métallique. Dans cette phase, les ex-métaux perdraient la faculté de pouvoir se substituer à l'hydrogène des acides pour engendrer des sels.



L'inventaire et l'analyse critique de cette avalanche de faits inédits fera certainement progresser nos idées sur la structure des états métallique et non métallique. A côté des résultats les plus généraux, divers phénomènes, qui restaient jusqu'ici isolés et faisaient quelque peu figure de curiosités scientifiques, viennent se loger aisément dans l'édifice dont nous venons d'esquisser les lignes maîtresses.

C'est l'étude de l'antimoine explosif qui a conduit Kramer à ses recherches sur l'état métallique. Il y a là un des rares cas où l'énergie de transformation allotropique est suffisante pour produire une réaction violente. S'il était possible de la convertir tout entière en émission d'électrons, on disposerait de cathodes particulièrement efficientes.

La transformation de l'étain sous l'effet du froid est probablement le premier changement allotropique métallique observé au cours de l'histoire. Son observation remonte aux anciennes civilisations du Groenland et de l'Islande, aux VIIe et VIIIe siècles de l'ère chrétienne. L'écroulement de toits en étain causa un préjudice considérable aux premiers colons de l'Islande et du Groenland. Le problème de la « peste de l'étain », s'il ne se pose pas avec la même acuité que celui de la corrosion du fer, n'en mérite pas moins une grande attention et l'on peut espérer que la méthode exo-électronique contribuera à en améliorer l'étude.

Résultats et perspectives techniques

Sur le plan technique — que nous voudrions aborder en terminant — les résultats acquis sont déjà fort intéressants, les perspectives plus prometteuses encore. Nous devrons nous contenter de signaler, sans nous y arrêter, quelques-unes des nombreuses applications qui se dégagent dès maintenant de l'emploi industriel des méthodes exo-électroniques. Leur validité reste évidemment subordonnée à l'existence du phénomène que le professeur Kramer place à leur base.

Le traitement par torsion, l'étirage sous pression, le polissage, la passivation, la trempe, le traitement thermique, la fatigue des métaux se traduisent par des modifications dans la courbe d'émission des exo-électrons. On conçoit sans peine combien il serait avantageux pour l'ouvrier, le contremaître et l'ingénieur, de pouvoir suivre facilement, sur un appareil simple, les modifications des métaux travaillés. C'est ce que M. Kramer considère comme possible dès maintenant. Ce dispositif est déjà en usage en Allemagne.

Les travaux de Louw et Naudé montrent que le polissage du fer, du laiton et du plomb s'accompagne d'une émission exo-électronique qui peut se prolonger jusqu'à 25 heures après l'opération.

Sous des formes diverses (anodisation, phosphatation, etc.), la passivation du fer et de l'acier constitue l'un des moyens les plus usités pour réaliser la protection de ces métaux (11). Cependant, la nature du phénomène reste encore discutée. Si la méthode de Kramer permettait de l'éclaircir, elle conduirait peut-être à de substantielles économies de métal. Il faut remarquer que, durant ces dernières années, la Société Shell, d'une part, et les Laboratoires des Métaux de Léningrad, d'autre part, ont réussi à protéger le fer et l'acier contre la corrosion, par des couches mono-moléculaires de substances gazeuses à haut pouvoir diélectrique, adsorbées par le métal. Il est possible que ces couches modifient la répartition du potentiel électrique sur les surfaces, de façon à empêcher l'émission Kramer.

On savait depuis longtemps que l'on peut obtenir, moyennant certaines conditions, des dépôts électrolytiques d'une dureté et d'un éclat remarquables. Il n'est pas nécessaire d'insister sur l'importance du chrome dur dans l'industrie. Dans tous les pays il existe des centres d'utilisation du chrome dur et des congrès d'utilisateurs de chrome dur se tiennent chaque année. Il n'est pas exclu que les découvertes de Kramer permettent de réaliser du cobalt dur, du

---

(11) On obtient la passivation d'un fil de fer en le trempant dans de l'acide azotique. On sait que le fameux « nerf artificiel » de Lillie n'est autre qu'un fil de fer passivé ; la propagation d'une brèche dans la carapace électrique du fil donne une image de l'influx nerveux.

nickel dur ou même du « fer dur ». Puisque nous parlons du chrome, signalons encore que la mutation, vers 230° C, du chrome hexagonal en chrome cubique (forme normale), joue un rôle très important dans le chromage. M. Kramer a analysé cette transformation par son procédé et l'on nous assure que les résultats de cette étude ont été appliqués pendant la guerre à la fabrication des miroirs en chrome.

Actuellement, ni les rayons X, ni les microscopes électroniques ne permettent de déceler de façon sûre un bon graphite pour balais des moteurs, d'un mauvais graphite. Ragnar Holm a montré (12) que tout contact électrique comporte une véritable émission d'électrons expulsés par l'une des surfaces et captés par l'autre. Certains indices laissent supposer que le phénomène Kramer interviendrait dans l'amorçage et la rupture de ces contacts. S'il en était ainsi, on tiendrait sans doute le principe d'une méthode commode pour distinguer les divers contacts au carbone. Les mêmes considérations pourraient être étendues aux contacts en argent des relais.

Vers 1935, Portail a établi que des couches d'huile de faible épaisseur deviennent conductrices quand le voltage a atteint une certaine valeur. Ces phénomènes se rattachent vraisemblablement à des migrations d'exo-électrons dans l'huile ; les forces électrostatiques joueraient donc, dans la lubrification, un rôle plus grand qu'on ne l'avait soupçonné jusqu'à présent. En particulier, on pourrait expliquer les résultats de Schmalz sur la modification des chaleurs d'absorption des huiles sur les métaux. L'auscultation exo-électronique aurait mis en évidence l'action de couches non métalliques à la surface des métaux, dans la lubrification. Le fonctionnement des roulements à billes en acier, de 5 mm., reposant sur une surface d'acier, dépend de même d'une couche isolante, résistant à des différences de potentiel de 100 volts.



« *Le domaine des alliages constitue encore de nos jours un désert dans la chimie inorganique* », écrit Westgren. Cela tient principalement au fait que beaucoup d'alliages sont des combinaisons chimiques dont on n'arrive pas à rendre compte en interrogeant les règles classiques de la valence (13). En attaquant le problème par un autre front, la méthode de Kramer apporte une contribution qui sera la bienvenue. L'étude des alliages fondant à basse température, tels que l'alliage de Wood, aurait permis d'établir que sa cristallisation, qui est exo-thermique, s'accompagne d'exo-électrons (voir la *fig.* 7).

(12) Voir son livre « Electrical Contacts », Stockholm, 1948.

(13) Comment, par exemple, justifier la formule du bronze des cloches : $Cu_{31}\,Sn_8$?

Dans toutes les expériences que nous avons mentionnées, les exo-électrons étaient émis dans le vide ou dans un gaz. On peut imaginer d'autres modes de déplacement. Supposons, par exemple, que l'on recouvre la surface métallique émettrice d'une couche semi-conductrice ; les « trous » de cette couche absorberaient vraisemblablement les exo-électrons. Il y a là des possibilités pour de nouveaux redresseurs, en même temps peut-être, qu'une explication concernant les redresseurs déjà connus. La même remarque s'applique aux couples photo-électriques qui sont également des ensembles métal-semi-conducteur.

Terminons ce tour d'horizon des techniques sur une note plus humaine. On sait combien les mineurs et les tailleurs de pierre craignent la silicose. M. Kramer aurait montré que les poussières de pierres émettent des électrons pendant quelques heures. C'est durant cette période qu'elles seraient dangereuses, leur nocivité étant bien plus d'ordre électrique que mécanique. Lorsque cette émission électronique est terminée, la poussière deviendrait à peu près inoffensive. Si ces observations sont corroborées par des vérifications faites en liaison avec le corps médical, elles pourront conduire à l'amélioration de la santé de millions de travailleurs.

J. Bergier et F. Le Lionnais,
de l'Association des Ecrivains Scientifiques de France.

LES LIVRES REÇUS (suite)

NASLIN (Pierre). — Vocabulaire technique trilingue français, anglais, allemand (Ed. de la Revue d'Optique, Paris).

NEGRE (Dr. A.) : L'Homme et la Bombe. Les effets biologiques de la bombe atomique (Hachette, Paris), 600 fr.

OLDENBURGER (Rufus) : Mathematical Engineering Analysis (Mac Millan, New-York), 6 dollars.

POLONOVSKI (Michel) : Exposés annuels de Biochimie médicale, XIII[e] série (Masson, Paris), 1.650 fr.

POTIN (L.). — La loi naturelle du développement forestier et l'évaluation de la propriété forestière (Gauthier Villars, Paris) 1.600 fr.

POUQUET (Jean) : L'Erosion (Coll. Que sais-je ? Presses Universitaires, Paris).

REIS (T.). — Introduction à la Chimie-Physique des Surfaces, tome I : Liquides (Dunod, Paris), relié toile : 2.400 fr.

ROCHOW (Eugène-G.). — Introduction à la Chimie des Silicones (Dunod, Paris).

ROSEN (B.). — Constantes sélectionnées. Données spectrocospiques concernant les molécules diatomiques (Hermann et Cie, Paris, dépositaire).

ROSTAND (Jean) : Les origines de la Biologie expérimentale et l'abbé Spallanzani (Fasquelle, Paris).

SAAF (Josef) : Effects of exercise on adult articular cartilage (Ejnar Munksgaard, Copenhague).

SALLES (F.) et THORN (C.) : Méthode des différences finies appliquée aux problèmes bidimensionnels de calcul des contraintes d'une plaque (Publ. Scient. et tech. du Ministère de l'Air), 450 fr.

(Voir suite p. 358.)

Déterminisme de la résistance des microorganismes aux antibiotiques

L'inhibition des antibiotiques par des facteurs enzymatiques

par le Dr Bernard SUREAU
Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur

Les microbes, comme les autres êtres vivants, ont vis-à-vis des phénomènes extérieurs, des comportements variables ; ils sont doués, en particulier, de certaines possibilités d'adaptation : adaptation aux milieux de culture, à la température, à l'atmosphère, etc...

L'action des antibiotiques sur les microorganismes varie avec la nature du germe, la concentration de l'antibiotique, les conditions de l'expérimentation. L. P. Garrod distingue quatre types possibles de réponse du germe : *l'élimination* du germe, soit par bactériocidie, soit par bactériolyse, soit par bactériostase, qui permet une action bactéricide secondaire ; *la dépendance* du germe qui ne peut plus se développer sans la présence de l'antibiotique ; *la stimulation* de sa croissance par l'antibiotique, et, dernière éventualité, *la résistance* du germe à l'antibiotique. L'étude de la résistance est pleine d'intérêt ; elle se manifeste par divers mécanismes, auxquels nous consacrons cette étude.

La résistance caractérise les germes qui échappent au traitement ; cette résistance peut être naturelle ou acquise ; *la résistance naturelle* des germes existe vis-à-vis de tous les antibiotiques ; certaines espèces microbiennes sont, en bloc, résistantes à tel ou tel antibiotique qui, même à forte concentration, ne modifie en rien leur développement ; d'autres ne comportent qu'un certain pourcentage de germes résistants parmi leur population. *La résistance acquise* peut apparaître chez presque toutes les espèces microbiennes, vis-à-vis de tous les antibiotiques, mais selon des modalités variables.

Par quel mécanisme les microbes peuvent-ils être résistants à l'action d'un antibiotique ?

Les antibiotiques, rappelons-le, s'ils sont parfois bactéricides ou bactériolytiques, sont habituellement, aux doses thérapeutiques du moins, bactériostatiques ; ils inhibent la multiplication des germes mais ne les tuent pas. Ils interviennent en bloquant une vitamine ou un facteur de croissance microbiens. C'est ainsi que les sulfamides bloquent l'acide para-amino-benzoïque ou vitamine H, qui

préside dans le métabolisme microbien à la reproduction cellulaire ; la pénicilline, la streptomycine inhibent les réactions couplées de désamination des amino-acides, la streptomycine bloque la dépolymérisation des acides nucléiques ; aucun travail, à notre connaissance, ne fait état du mode d'action des autres antibiotiques.

L'action des antibiotiques est d'ailleurs fort complexe ; non seulement elle intervient sur le métabolisme chimique des micro-organismes, mais elle entraîne, au moins pour certaines concentrations, des modifications morphologiques des germes ; elle provoque par ailleurs, de la part de l'organisme qui les reçoit, des réactions antigéniques. C'est ainsi que nous avons pu démontrer, avec Loiseleur et Mlle Lévy, que la pénicilline provoque dans le sang l'apparition d'anticorps décelables par viscosimétrie ; la réaction apparaît dans les premiers jours du traitement et disparaît rapidement après sa suspension.

Nous étudierons dans une première partie les divers aspects de la résistance acquise, et les conséquences qui en découlent. Nous aborderons ensuite le problème des « anti », par l'étude de la pénicillinase : la pénicillinase ouvre, en enzymologie, un chapitre nouveau, qui, probablement, s'enrichira rapidement d'autres « ases ».

I. - Le mécanisme de la résistance.

Certaines espèces microbiennes sont douées, vis-à-vis de tel ou tel antibiotique, *d'une résistance naturelle* : c'est en ce sens, par exemple, que les salmonella, le colibacille, le bacille de Koch sont pénicillino-résistants. Le mécanisme est facile à expliquer : ou bien le microorganisme n'utilise pas le facteur de croissance que bloque l'antibiotique, ou bien il est capable de le synthétiser, sous forme de métabolite essentiel, sans rechercher d'apport extérieur.

Parmi d'autres espèces, au contraire, on trouve des souches sensibles et des souches moins sensibles, ou résistantes, dans un rapport qui favorise progressivement les souches résistantes ; c'est ce que l'on appelle *la résistance acquise.*

Comment intervient cette résistance acquise ?

Quatre mécanismes sont actuellement invoqués : la sélection, la mutation, l'adaptation, la production par le germe de facteurs d'inhibition de l'antibiotique.

A) - *La sélection* est évidemment l'explication la plus simple ; c'est sans doute le mécanisme qui intervient dans la majorité des cas. Aussi bien *in vitro* qu'*in vivo*, les germes sensibles sont éliminés par l'antibiotique, tandis que les individus résistants, sélectionnés, continuent à se développer. Nous devons à Bigger des études fort intéressantes sur la mycorésistance ; sous le nom de « persisters » il désigne les germes « sélectionnés » par le traitement, qui servent de point de départ à la résistance ; Bigger a pu montrer que ces « persisters » ne sont pas uniquement des germes résistants, mais

qu'ils comportent également des germes qui n'ont été touchés par l'antibiotique qu'en dehors de leur phase logarithmique de croissance, et dont la descendance a la même distribution de sensibilité que la souche originale ; ces « persisters » constituent donc une variante de la sélection.

Le pourcentage des germes aptes à devenir des « persisters » varie d'ailleurs avec les souches et les antibiotiques ; alors qu'il atteint 50 % vis-à-vis de l'Auréomycine, il ne dépasse pas 10 % vis-à-vis de la Chloromycétine et 0,01 % vis-à-vis de la Pénicilline et de la Streptomycine.

Demerec s'est fait le défenseur de la sélection et apporte à l'appui de sa théorie une démonstration expérimentale ingénieuse, qui le conduit à la conclusion suivante : « la résistance *spontanée* est liée à des changements génétiques comparables à la mutation des germes, *et l'agent antibiotique* (l'expéricence de Demerec porte sur la Streptomycine, que l'auteur étudie vis-à-vis du *staphylococcus aureus*), *n'agit que comme agent sélectif* pour isoler les mutants résistants, par la destruction des bactéries sensibles. »

B) Ce mécanisme cependant n'explique pas tous les aspects de la résistance ; l'apparition, dans certains cas, de phénomènes de dépendance, la possibilité de stimulation de la croissance par certaines doses d'antibiotiques éveillent l'idée de brusques *mutations* possibles, au cours des cultures, voire des traitements, en présence de divers antibiotiques. Certaines études expérimentales font la preuve de cette mutation. Les mutants résistants transmettent leurs caractères nouveaux à leur descendance, si bien qu'un germe devenu résistant, garde d'une façon définitive ce nouveau caractère ; il s'agit de la même souche, ainsi qu'en fait preuve le typing au bactériophage.

Comment peut-on expliquer cette mutation ? Expérimentalement, il a été démontré que l'exposition aux rayons X d'une souche de staphylocoques pénicillino-sensibles la rend résistante à cet antibiotique ; l'exposition aux rayons X d'une souche de virus (mosaïque du tabac, par exemple), entraîne l'apparition de mutants ; cette mutation porte sur une modification des acides aminés du protoplasma, en particulier une modification de l'Histidine ; il est permis de penser qu'il se produit chez les microorganismes des modifications analogues. Ceci explique également le caractère héréditaire de la mutation. Ces mutations peuvent d'ailleurs s'accompagner de modifications morphologiques : Rake et Mc Kee observent que les germes devenus résistants *in vitro* sont de plus petite taille que les autres ; ils ont tendance à se disposer en chaînettes, et gardent moins bien la coloration de Gram ; Linz, en 1949, fait la preuve de ces mutations brusques, chez *Ps. Aeruginosa*, vis-à-vis de concentrations sous-bactériostatiques de streptomycine.

C) A côté de ces mutations, on peut assister à *une adaptation* progressive des germes aux antibiotiques. Cette adaptation, résultat d'une inter-réaction entre la cellule et le médicament, est un phéno-

mène connu depuis longtemps. Ehrlich et son école, dès 1907, ont démontré, *in vivo*, que les trypanosomes peuvent devenir résistants aux matières colorantes et aux divers arsenicaux ; l'accoutumance aux sulfamides est une notion maintenant classique ; les expériences d'Abraham démontrent que la résistance aux antibiotiques est spécifique. Quand un organisme a été rendu résistant à un antibiotique, il peut être, par la suite, rendu résistant à un autre, puis à un troisième, avec toujours la même facilité. La résistance acquise à un antibiotique ne modifie en rien la sensibilité du germe aux autres antibiotiques.

D) Certains microorganismes ont à leur disposition un autre moyen de défense contre les antibiotiques, la production de *facteurs inhibiteurs de ces antibiotiques. La pénicillinase* est, parmi ces facteurs, la mieux connue ; c'est un enzyme, identifié en 1940 par Abraham et Chain dans une culture de colibacilles ; elle est produite en plus ou moins grande abondance par nombre de microorganismes ; le staphylocoque producteur de pénicillinase a provoqué, en particulier, nombre de recherches, tant en Angleterre avec M. Barber, qu'en France, où nous l'avons étudié, sous la direction de notre maître, le docteur René Martin, avec Y. Chabbert et F. Boyer. On distingue, selon leur comportement à la pénicilline, trois catégories de staphylocoques, les staphylocoques pénicillino-sensibles, non producteurs de pénicillinase, les staphylocoques pénicillino-résistants, non producteurs de pénicillinase, les staphylocoques producteurs de pénicillinase qui ne sont pas, de ce fait, obligatoirement résistants.

Avec E. Arquie, F. Boyer et Mlle Saviard, nous avons mis en évidence une « *Streptomycinase* » dans des cultures d'entérocoques et de bacilles pyocyaniques ; ce facteur se comporte vis-à-vis de la Streptomycine comme la pénicillinase vis-à-vis de la pénicilline.

On connaît des germes devenus, *in vivo* ou *in vitro*, résistants à la chloromycétine, à l'auréomycine, à la terramycine ; il est permis de supposer que certains de ces germes produisent des ferments inhibiteurs de ces antibiotiques, ferments qui ne sont pas encore actuellement identifiés.



Que devient, à longue échéance, la résistance acquise d'une souche ? Il est admis, actuellement, qu'elle s'opère par sélection et que, par conséquent, elle est définitive. Cependant, l'expérimentation conduite avec la pénicilline a permis, dans certains cas, de démontrer le caractère « temporaire » de cette résistance (Todd). Fulvio Morra a repris cette étude avec le staphylocoque Oxford. En 43 passages, il a pu faire passer sa sensibilité à la pénicilline de 0,03 à 360 unités ; le taux de cette résistance, acquise en fonction du nombre des passages, s'exprime par une courbe dite de « *résistance labile* ». A chaque passage, l'auteur repique la culture qui s'est développée avec la plus forte concentration de pénicilline, sur un

milieu sans antibiotique, et il l'entretient ainsi pendant un mois. Les sensibilités de ces repiquages, mesurées au bout d'un mois, s'inscrivent sur une courbe de « *résistance stabile* » semblable à la première, mais de pente réduite (au 43e passage, la sensibilité ne dépasse pas 230 unités). L'expérimentation de Grumbach, Mousset et Boyer vis-à-vis de la streptomycine confirme ces résultats.

⁂

L'identification des antisulfamides, les travaux de Woods et Fildes en 1940, le rôle de l'acide para-aminobenzoïque dans le métabolisme microbien préparaient déjà la voie aux « *Ases* » ; l' « analogie structurale » qui rapproche sulfamides et acide para-aminobenzoïque, semblait une hypothèse de recherche toute indiquée ; cependant, elle ne s'est pas révélée féconde dans cette voie.

II. - La Pénicillinase.

La découverte de la pénicillinase est survenue en trois étapes : détectée au laboratoire, elle a rapidement suscité aux producteurs de pénicilline des difficultés urgentes à résoudre ; de leur côté, les cliniciens se sont heurtés à son intervention au cours des traitements par la pénicilline.

Pour détecter la capacité d'une souche à produire de la pénicillinase, Mlle P. M. Waterworth ensemence cette souche sur une gélose coulée en boîte de Pétri. Des cups préalablement préparées sur le milieu contiennent des solutions de pénicilline à 1, 10 et 100 unités par cm^3 ; le développement des souches qui ne produisent pas de pénicillinase s'accompagne, en bordure de zone, de l'apparition d'une zone étroite dans laquelle les colonies deviennent de plus en plus petites en approchant de la zone d'inhibition totale. Par contre, les colonies de germes producteurs de pénicillinase atteignent leur taille maximum en bordure de la zone d'inhibition. Ce phénomène est facile à expliquer : en un point donné de la surface de la gélose, la concentration en pénicilline est, ou n'est pas suffisante pour empêcher complètement le développement du staphylocoque. Si elle est insuffisante, les colonies commencent à se développer ; la production de pénicillinase entraîne la destruction de la pénicilline dans le milieu environnant et permet alors une croissance optima. Les colonies qui se trouvent en bordure de la zone d'inhibition deviennent plus importantes que celles du reste de la boîte, car elles disposent d'éléments nutritifs abondants qui proviennent de la zone voisine où ne s'est développée aucune colonie.

La pénicillinase peut être produite par de nombreux micro-organismes, cocci Gram positifs parmi lesquels les staphylocoques, bactéries Gram positives (*B. Subtilis*, *B. licheniformis*, *B. Cereus*), certains bacilles coliformes ou sporogènes (*Ps. Aeruginosa*, *B. Paracoli*). On extrait l'enzyme des filtrats de culture de ces micro-organismes.

Diverses méthodes permettent d'obtenir la pénicillinase à partir de cultures microbiennes ; les préparations actuelles donnent la préférence au *B. Cereus* NRRL. B. 569, selon une technique de Le Page, Morgan et Campbell.

L'activité de la pénicillinase est liée à un noyau protéinique ; son activité enzymatique ne dépend ni de groupements aminés libres, ni de groupements sulfhydryles ; elle n'est pas activée par les ions métalliques courants, elle n'est pas oxydable, mais, par contre, elle est facilement réductible. On ne peut la rattacher ni à un enzyme cuivrique, ni à un enzyme ferreux.

L'activité de la pénicillinase dépend essentiellement des conditions dans lesquelles elle est essayée ; aussi ne faut-il pas s'étonner de trouver, pour la définir, divers systèmes d'unités entre lesquels il est pratiquement impossible d'établir une correspondance. On la dose soit par la classique méthode des dilutions, soit par diffusion en gélose, en l'éprouvant vis-à-vis d'une dose déterminée de pénicilline. *L'unité de pénicillinase est la quantité d'enzyme qui, dans* 11 *cm^3 d'une solution à pH* 7, *contenant* 50 *unités de pénicilline, détruit en une heure, à* 37°, *une quantité de pénicilline égale à* 57,5 % *de la pénicilline que l'on retrouve dans les tubes témoins.*

Une vaste expérimentation, tant *in vitro* qu'*in vivo*, a été mise en œuvre, dans le but de préciser les modalités de l'action de la pénicillinase sur la pénicilline. Il en résulte que la pénicillinase se comporte comme un enzyme. *In vitro*, cette expérimentation a recours à deux types de méthodes d'étude. Les unes, que l'on pourrait qualifier de « *statiques* », se contentent d'apprécier les résultats de l'inhibition. La plus simple parmi elles, consiste à doser la pénicilline restante. L'étude spectrographique, qui consiste à observer les modifications du spectre d'absorption de la pénicilline, ne nous a pas donné de résultats dignes d'intérêt.

L'étude « *dynamique* » de l'action de la pénicillinase sur la pénicilline est beaucoup plus expressive, et permet de suivre pas à pas l'inhibition de la pénicilline. Nous avons choisi, personnellement, l'enregistrement à l'électrophotomètre de Faguet des courbes de croissances d'un staphylocoque doré soumis à l'action de la pénicilline et intercepté par l'apport de pénicillinase.

Foster, puis Henry et Housewright, observent l'action de la pénicillinase sur la pénicilline en tampon bicarbonaté à l'appareil de Warburg, en utilisant comme germe test *Bacillus Anthracis*. Ils suivent l'évolution du CO^2 ; la pénicillinase, agissant comme l'hydrolyse alcaline, transforme la pénicilline en acide pénicilloïque contenant un groupement carboxyle de pK 4,7 ; l'étude effectuée sur un lot de pénicilline G chimiquement pure a permis de suivre l'évolution du pK de 2,16 — titre de l'acide original — à 4,70, titre de l'acide formé au cours de la réaction enzymatique.

Grâce à ces divers moyens d'investigation, on peut détailler les facteurs modifiant l'activité de la pénicillinase, concentrations de l'enzyme et de la pénicilline, pH, température, etc...

Si l'on en croit des travaux tout récents de Chandler et de ses collaborateurs, l'Auréomycine serait capable d'entraver la formation de pénicillinase. Ces auteurs ont étudié le comportement d'une vingtaine de souches de staphylocoques producteurs de pénicillinase ; par passages successifs sur des milieux auréomycinés, ces souches perdent peu à peu leur capacité de produire de la pénicillinase et redeviennent sensibles à la pénicilline.

La pénicillinase est un enzyme hautement spécifique pour la molécule de pénicilline ; elle a été essayée, toujours sans résultats, vis-à-vis de divers composés comportant un groupement analogue à ceux qui composent la pénicilline, xanthine, sulfate d'adénine, guanine, etc...

Il est intéressant de suivre *in vivo* le comportement de la pénicillinase.

La pénicillinase, comme nombre d'autres enzymes, possède les caractères d'un antigène. Perlstein et Liebman préparent des lapins par injections intraveineuses de pénicillinase et obtiennent un antisérum qui donne une réaction de précipitation avec l'enzyme dilué au 1/256e ; cet antisérum protège, *in vitro*, la pénicilline contre la destruction enzymatique. Housewright et Henry obtiennent, eux aussi, un antisérum à partir du lapin ; la pénicillinase perd 90 % de son activité quand elle reste en contact avec l'antisérum pendant une heure à 37° ; elle commence à être inhibée dès l'apport du sérum anti.

Nous avons procédé sur souris avec F. Boyer et Mlle Saviard à une série d'expériences qui, dans des *conditions bien déterminées*, donnent l'apparence d'une « activation » de la pénicilline par la pénicillinase ; des anticorps antipénicillinase se développent dans le sang des animaux préparés par la pénicillinase et détruisent les facteurs « antipénicilline » du sang.

Les résultats obtenus chez la souris nous ont incité à reprendre le problème sous un autre angle et à étudier l'action de la pénicillinase sur la pénicillinémie du lapin : les résultats obtenus confirment notre hypothèse.

III. - La Streptomycinase.

La Streptomycinase que nous avons obtenue avec Arquié, Boyer et Mlle Saviard, à partir d'une souche de *Ps. Aeruginosa* et de deux souches d'entérocoques est spécifique et se comporte en tous points comme un enzyme. Elle est encore à l'heure actuelle à l'étude, et nous n'avons pas réussi à la purifier. Lightbown, de son côté, a obtenu, après 24 heures de culture d'une souche de *Ps. Aeruginosa* sur gélose, un produit antagoniste de la streptomycinase qu'il rapproche de notre streptomycinase. Perlmann et Langlykke ont isolé de culture d'*actinomyces griseus* une mannosidostreptomycinase à caractère enzymatique.

Les expériences de Rybak et de ses collaborateurs tendent à identifier la streptomycinase à une nucléoprotéine libérée par une culture vieillie : cette nucléoprotéine forme avec la pénicilline un complexe insoluble. La streptomycinase, cependant, ne peut en tous points s'identifier à ces protéines ; elle a ses propres caractéristiques et se comporte, non en substance inhibitrice, mais en enzyme.



Une espèce microbienne est douée, vis-à-vis d'un antibiotique, d'une résistance, ou d'une sensibilité naturelles. Cependant, tous les individus de l'espèce ne se comportent pas de la même façon vis-à-vis de l'antibiotique ; si on les répartit sur un graphique en fonction de leur sensibilité, on obtient une *courbe en cloche* qui schématise le *comportement statique* de l'espèce microbienne vis-à-vis de l'antibiotique étudié. La possibilité de résistance acquise, peut, cependant, à la longue, modifier cette courbe, au bénéfice des germes résistants ; les germes ont une évolution propre, un *comportement dynamique ; la dynamique à court terme* suit l'évolution d'une souche mise en présence de l'antibiotique ; la dynamique *à long terme* enregistre l'évolution de l'espèce dans le temps.

L'apparition de la résistance est liée, nous l'avons vu, à divers mécanismes ; parmi eux, il est certain que la production d' « Ases » par les germes est la plus originale — c'est aussi celui qui, avec la sélection naturelle, satisfait le plus l'esprit ; la mutation pourrait n'en être qu'une variante brutale de la sélection, due peut-être à un traumatisme comparable à ceux que font les rayons X, l'adaptation se rattachant à la production d'inhibiteurs. On conçoit ainsi la multiplication progressive, et inexorable, des phénomènes de résistance.

La réaction antigénique au contact d'un corps étranger ainsi qu'il ressort, entre autres, des travaux de Loiseleur, apparaît, contrairement à ce que l'on pense couramment, comme une loi de la vie ; ainsi, après avoir détourné la pensée de l'immunologie, après avoir mis en veilleuse la sérothérapie, l'étude des antibiotiques y ramène, par l'intermédiaire des « Ases ».

La pénicillinase est la première de ces Ases ; elle est la seule qui soit bien connue ; son étude a permis, peu à peu, de la rencontrer chez des espèces microbiennes de plus en plus nombreuses.

Par analogie, on a réussi à déceler une streptomycinase. La question de la chloromycétinase est encore au tout début des recherches ; il semble qu'elle puisse être obtenue ; à chaque antibiotique s'opposerait un antagoniste spécifique, à caractère enzymatique, produit par divers microorganismes auxquels s'attaque l'antibiotique.

B. SUREAU.

Bibliographie succincte

MARTIN René et SUREAU Bernard. — *Somme de Médecine contemporaine.* Vol. III, *La Thérapeutique* (article : Les Antibiotiques). — Quadrige, Nice, édit. (sous presse).

SUREAU Bernard. — *La Pénicillinase et les inhibiteurs des antibiotiques à comportement enzymatique.* Un vol., 68 p., S.E.D.E.S., Paris, 1951.

TREFOUEL Jacques. — *Etude expérimentale et théorique de la résistance.* Journées Thérapeutiques de Paris, 16-17 oct. 1951 (sous presse).

LES LIVRES REÇUS (fin)

SERGESCU (Pierre). — Coup d'œil sur les origines de la Science exacte moderne (Coll. Esprit et Méthode, S. E. D. E. S., Paris) 600 fr.

SHELDON (W.-H.) et STEVENS (S.-S.) : Les variétés du tempérament (Presses Universitaires, Paris), 1.500 fr.

SMITH (Gilbert) : Manial of Phycology (Chronica Botanica, Waltham et Lib. Raymann, Paris), 7 dollars 50.

SIMPSON (G.-G.). — L'Evolution et sa signification (Payot, Paris) 900 fr.

SUREAU (Dr Bernard). — La Pénicillinase et les inhibiteurs des antibiotiques à comportement enzymatique (S. E. D. E. S., Paris) 250 fr.

TATON (René) : L'œuvre mathématique de G. Desargues (Presses Universitaires, Paris), 800 fr.

TATON (René) : L'œuvre scientifique de Monge (Presses Universitaires, Paris), 1.000 fr.

THEBAULT (Victor). — Les Récréations mathématiques (Gauthier Villars, Paris) 2.5000 fr.

THOMAS (H.-A.) : Theory and Design of Valve Oscillators (Chapmann et Hall, Londres), 36 sh.

TIMOSHENKO : Théorie des plaques et des coques (Ch. Béranger, Liège et Paris), 4.350 fr.

TIMOSHENKO. — Théorie des plaques et des coques (Béranger, Paris et Liège) 4.350 fr. relié.

VAVILOV (N.-I.). — The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants (Chronica Botanica, Waltham et Lib. Reymann, Paris) 7 sh. 50.

VELLUZ (Léon) : Substances naturelles de Synthèse, vol. II (Masson, Paris), 1.250 fr.

VERDUN (P.) et MANDOUL (H.). — Précis de Parasitologie humaine (Coll. Testut, Doin et Cie, Paris) 2.300 fr.

VERNOTTE (Pierre). — Les aspects fondamentaux de la thermocinétique (Publ. Scient. et Tech. du Ministère de l'Air), 325 fr.

VERNOTTE (Pierre). — Nouvelles recherches sur la sommation pratique des séries divergentes (Publ. Scient. et Tech. du Ministère de l'Air) 12.000 fr.

WINTER (Stanislas). — Les accélérateurs de particules (Ed. de la Revue d'Optique, Paris) 1.600 fr.

WEXLER (E.). — L'origine des atomes (Comptoir National du Livre).

WILLEMART (A.) et CHAUX (R.). — Les grandes fonctions de la Chimie organique et leurs principales applications (Dunod, Paris) relié toile : 5.800 fr.

Colloque de Géométrie différentielle, Louvain, avril 1951 (Thone, Liège et Masson, Paris) 2.450 fr.

Actes du Colloque international de Mécanique, tome III : Etude sur la Mécanique des Fluides (suite) (Publ. Scient. et Tech. du Ministère de l'Air) 1.8000 fr.

Le mot et l'idée dans la pensée ordinaire et scientifique

par M. MATSCHINSKI

Dans son récent article paru dans la *Revue Générale des Sciences*, M. Cailleux a formulé un grand nombre de considérations extrêmement intéressantes sur ce sujet fort ancien, mais toujours nouveau. Et il n'est pas le seul dans le monde scientifique à s'y intéresser : le philologue Max Müller, le biologiste Galton, le mathématicien Hadamard et toute une série d'autres savants éminents ont exprimé leur avis sur la manière dont le mot est lié à la pensée et sur la possibilité même de penser sans mots. Certains d'entre eux se sont prononcés dans un sens, d'autres dans un sens diamétralement opposé, alors que Galton et quelques autres, sans faire connaître leur propre opinion, se sont bornés à interroger leurs collègues, à dresser des statistiques et à tirer des moyennes.

L'intérêt témoigné par les savants à ce problème de psychologie, voire de philosophie (nous en laisserons toutefois délibérément de côté l'aspect philosophique) est bien compréhensible. Plus que pour tout autre, la pensée constitue pour le savant son « instrument de travail » qu'il croit connaître mieux que quiconque.

Si, après avoir lu sur ce sujet l'article fort instructif de M. Cailleux, l'auteur prend, lui aussi, la plume, ce n'est pas parce qu'il ne partage pas ses conclusions fondamentales. Tout au contraire, ces conclusions lui paraissent serrer de près la vérité, mais c'est la méthode appliquée par Cailleux, ainsi que par la plupart des savants non psychologues ayant traité ce problème, qui, à son avis, est contestable ou même, à franchement parler, absolument impossible.

Bien entendu, du point de vue de la science on ne saurait absolument nier une certaine dose d'objectivité pouvant être inhérente à tel ou tel jugement. Une psychologie qui nierait cette objectivité commettrait, pour ainsi dire, un suicide. Toutefois, il est certain que le degré d'objectivité n'est pas identique dans tous les jugements et que dans ceux qu'un individu porte sur lui-même il est minime, voire nul. L'homme juge bien d'autres objets et personnes, mais il juge mal lui-même, on se gêne presque de rappeler une vérité si banale. Pourtant, elle signifie que, lorsque tel ou tel autre savant déclare « je pense en mots », « et moi je pense sans mots », « et moi je pense ainsi que suit », « et moi j'ai interrogé d'autres personnes et elles m'ont répondu ceci et cela », il ne se comporte pas en savant, mais seulement en objet de la science, et ce qui importe sur-

tout, les données qu'il fournit n'ont pas trait à la question de savoir « comment l'homme pense-t-il ? » (avec le mot ou sans lui), mais seulement à la manière dont l'homme se figure sa pensée. C'est aussi, bien entendu, un important problème de psychologie, mais ce n'est pas celui que nous nous sommes posé. Une réponse donnée peut être en substance correcte ou fausse, mais du point de vue de la méthode elle est toujours erronée, car il ne s'agit point de déterminer comment l'homme se figure sa pensée.

Nous nous permettrons de citer, à ce propos, un exemple extrême. Un homme peut se figurer de différentes manières sa capacité de souvenir. L'un assure qu'il se souvient de lui-même à partir de trois ans, tandis qu'aux dires d'un autre, ses souvenirs personnels ne vont pas au-delà de l'âge de six ans. Or, l'illusion peut aller beaucoup plus loin : André Bielyi, dans son roman autobiographique « Kotik Letaev », fait remonter son premier souvenir à l'époque où il se trouvait dans le ventre de sa mère. A cela on ne peut rien ajouter et il ne reste qu'à tirer l'échelle. Telle est la valeur des jugements qu'on porte sur soi-même.

Quelle méthode est donc possible ? Certes uniquement la vieille méthode psychologique qui a fait ses preuves : méthode des arguments indirects d'un syllogisme logique partant de données, aussi objectives que possible, obtenues sur d'autres personnes et non sur soi-même et se terminant par une collation de ces résultats indirects acquis de diverses manières. Au cas où les réponses divergeraient, il n'y aurait plus rien à faire, mais si elles conduisaient à un résultat identique, on pourrait, avec un certain degré de probabilité, former des jugements qui seraient objectifs dans toute la mesure possible pour les sciences positives. Quant à l'aspect philosophique du problème, nous le laissons, comme il a déjà été dit, délibérément de côté.

Deux mots encore sur Galton et ses enquêtes. Je ne conteste nullement son application de la statistique, mais elle devrait porter sur un matériel afférent au problème qui nous occupe ici. Or, celui utilisé par Galton concerne un problème, il est vrai, fort important, mais comme il a déjà été dit deux fois, entièrement différent. Tout est là.

Quelles sont donc les bases et les méthodes indirectes qui pourraient nous amener à former des jugements aussi objectifs que possible sur la question qui nous intéresse : le mot est-il inhérent au processus de pensée ? sa présence est-elle indispensable ? etc. On pourrait recueillir, de ces bases indirectes, une collection assez variée. Sans chercher à épuiser, dans le cadre de ce petit article, tout ce qu'on peut dire à ce sujet, voici quelques considérations qui nous semblent soit particulièrement importantes, soit aptes à être clairement expliquées en peu de pages.

1° Commençons par ce qui constitue presque une partie de l'appareil de pensée du savant dans le processus de recherche : son manuscrit. C'est là une chose aussi objective que pourrait souhaiter

la science. Ce n'est pas un processus terminé et disparu, car elle reste ; ce n'est pas une simple opinion, car on peut la relire et montrer à autrui. Il ne saurait y avoir deux avis divergents sur le nombre de mots ou sur le mode de leur représentation sur le papier. Or, que voyons-nous ? Combien il est rare de voir un manuscrit sans corrections, sans ratures, combien de phrases et de mots isolés y sont remplacés par d'autres, etc., etc. (bien entendu, nous ne parlons pas de la copie transcrite au net, mais du manuscrit brouillon, qui peut presque prétendre au rôle de la pensée elle-même).

Que peut signifier tout cela ? La seule interprétation naturelle consisterait en ceci : l'auteur éprouve des difficultés à trouver pour sa pensée une expression verbale adéquate, il cherche des mots, il remplace une expression venue au hasard par une autre plus conforme à sa pensée ; cette nouvelle expression peut également se révéler impropre et être remplacée par un terme plus exact ; enfin, des phrases entières peuvent être remaniées.

Or, quel sens peut avoir tout cela pour ce problème qui nous occupe ? Un seul : la pensée se présente à l'esprit de l'auteur soit entièrement sans mots, soit au moins, seulement avec une partie de ceux-ci. Il cherche les mots manquants, il biffe les termes impropres. Cette correction n'aurait pas de sens si la pensée coïncidait avec les mots. Bien entendu, je ne parle pas du cas rare, mais possible, lorsque l'auteur, en écrivant, change ses idées. D'ordinaire, il n'en est pas ainsi. En général, on ne se met à écrire que lorsqu'on a déjà des idées bien arrêtées et cependant le manuscrit est tout émaillé de surcharges et de ratures.

On pourrait, semble-t-il, y objecter que les savants sont, de par l'objet spécial de leurs études, éloignés du travail purement littéraire. Adressons-nous donc aux grands clercs en la matière : aux gens de lettres et, en particulier, aux poètes. Or, que trouvons-nous ? Il est avéré qu'aucun manuscrit ne porte autant de corrections qu'un brouillon de pièces de vers et cela non seulement à cause de la recherche de rimes. On revise plusieurs fois des mots qui n'ont rien à voir avec la rime ni avec le mètre. Conclusion : ce que le poète voit sans mots, il essaie de l'exprimer avec des mots.

Au contraire, là où la pensée fait défaut, les mots et les phrases standardisés se passent de retouches. Pour ne pas allonger des exemples un paragraphe déjà long, nous nous bornerons à citer les différentes tournures dans les documents officiels, les phrases de politesse à la fin des lettres, les dédicaces, etc...

2° Il ne s'agit pas seulement de ce que la parole peut, comme dans les exemples ci-dessus, « mal exprimer la pensée », car il y a des cas où la parole est entièrement absente.

Nous parlons, par exemple, d'un homme, mais nous avons oublié son nom. Notre pensée est, sans conteste, présente, mais il est tout aussi incontestable qu'elle est présente sans mots. Dans toutes les langues du globe on recourt, en pareil cas, aux locutions telles que

« M. Machin », « what do you call him (her, it) ? » (en anglais), « Herr Dingsda » (en allemand), « Kak biche iègo ? « (en russe), etc... Et il est impossible d'admettre que ce « Machin » remplace dans notre pensée le nom oublié. Aujourd'hui, en disant « M. Machin », nous pensons à Durand, demain nous disons « M. Machin » et nous pensons à Dupont. Si le mot coïncidait avec la pensée, ces deux pensées seraient identiques ; or, il est hors de doute qu'elles sont différentes. En conséquence, etc...

Malgré sa simplicité, cet argument paraît absolument irréfutable, d'autant plus qu'un cas analogue peut se présenter non seulement pour un nom d'homme oublié, mais aussi pour un nom d'objet oublié, et en général pour tout ce qu'on veut.

3° Cette absence de parole lors de la présence certaine de la pensée peut être due non seulement à l'oubli du nom, comme dans l'exemple ci-dessus, mais aussi à l'absence de ce nom. Cet argument s'adresse spécialement aux savants, aux ingénieurs, aux inventeurs, en employant ce dernier terme aussi bien dans son sens purement technique que dans son acception la plus large. L'objet existe et son idée existe aussi. Si même, pour le nommer, nous faisons usage de l'expression « quelque chose », « objet », etc., analogue en principe à celles signalées ci-dessus, cela ne signifie pas que notre pensée soit identique à cette expression. Son contenu est certainement plus large. La démonstration ultérieure concorde avec celle du paragraphe précédent.

En bref, cet argument repose sur la possibilité d'inventer une chose encore dépourvue de nom.

4° On peut encore élargir le cercle de ces objets non exprimables par des paroles, en examinant les idées des savants plus « spécialisés » : mathématiciens, musiciens, etc. Si, chez un tel « spécialiste », la pensée s'accompagne d'images visuelles (ce qui, du reste, n'est nullement obligatoire), ces dernières peuvent être très éloignées des images de mots. Ainsi, il est absolument certain que si, pour quelque mathématicien, l'idée d'intégrale s'accompagne de quelques images visuelles, ces images ne seront jamais des images visuelles du mot « intégrale », mais bien celles du signe mathématique correspondant. De même un musicien pensant à quelque notion musicale ne s'imaginera pas les sons ou les lettres du mot désignant cette notion, mais plutôt les sons musicaux correspondants et leur représentation graphique.

On peut en dire autant de l'expérimentateur pensant à ses appareils, du médecin pensant à ses malades, du sculpteur pensant à ses statues.

Bien entendu, il existe certains domaines de l'activité humaine où l'homme, ayant surtout affaire à la parole, que ce soit un avocat, un philologue, un conférencier, est enclin à exagérer l'importance des mots pour sa pensée. Or, même dans ces cas, une analyse plus serrée peut toujours démontrer qu'il ne s'agit pas, en fin de compte,

de mots, mais de quelque chose qui peut être plus ou moins exprimé par des mots. Bien sûr, l'espace nous manque ici pour effectuer dans tout le détail cette analyse. Nous nous bornerons, en conséquence, à examiner cette question du point de vue du philologue, les philologues étant particulièrement enclins à admettre l'impossibilité de la pensée sans mots.

5° Un tel argument philologique peut être fourni de la manière la plus simple si l'on fait ressortir l'existence, voire la nécessité des traductions non littérales.

Bien entendu, nous n'avons garde de nier l'existence dans les langues, ainsi que dans les modes de pensée, de particularités nationales, mais il nous semble d'autant plus évident que ces deux domaines, loin de se superposer entièrement, ne font pas partie l'un de l'autre. Il existe des différences nationales du mode de pensée non exprimées dans la langue et il existe aussi, dans les langues, des différences nationales dépassant les limites de la différence du mode de pensée. Ce dernier fait étant pour nous particulièrement important, nous allons l'expliquer.

Si instantanée que soit la pensée, elle peut être mesurée dans le temps et la succession de nos pensées est une succession dans le temps. Ainsi, si la pensée était indissolublement liée au mot et au nom, les mots qui l'expriment devraient être, d'une manière ou d'une autre, coordonnés dans le temps, ne fût-ce que parce que les mêmes mots placés dans un autre ordre expriment des idées différentes. Or, la difficulté consiste dans le fait que, dans les diverses langues, l'ordre des mots exprimant une même pensée n'est pas identique, ce qu'on observe tout particulièrement dans la construction de propositions subordonnées. Lorsque j'écris en français : « je sais que j'ai mis le livre sur la table », ce « que j'ai mis le livre sur la table » exprime une pensée tellement élémentaire et dépourvue de nuances qu'il est absolument impossible de supposer que le Français, l'Allemand, le Russe ou l'Anglais pensent à ce moment d'une manière différente. Le croire, serait abaisser la profonde idée des différences nationales quant au mode de pensée au niveau d'une comédie vide et indigne. Et pourtant, cette même pensée « que j'ai mis le livre sur la table », sera exprimée en français, en allemand, en anglais ou en russe par un ordre des mots différent (sans compter que, dans la langue nommée en dernier lieu, l'ordre des mots n'a pas d'importance capitale).

Et ce n'est pas seulement des phrases aussi élémentaires qui démontrent la non-conformité de l'idée et de la parole. Toute nuance de la pensée traduite dans une autre langue est exprimée par des mots tellement différents qu'on peut à bon droit s'étonner : comment des personnes connaissant plus d'une langue ont-elles jamais pu croire que la pensée eût comme instrument le mot ?

Une traduction littérale est d'ordinaire un simple non-sens, parfois d'un effet comique (souvenons-nous du récit bien connu de

M. Twain, « Grenouille », qui a traduit lui-même ce récit d'anglais en français et ensuite vice-versa). Or, si une vraie traduction n'est pas une traduction littérale, cela signifie qu'il existe une pensée commune aux deux langues, mais indépendante des mots, bien qu'elle se laisse plus ou moins exprimer par ceux-ci.

6° Un autre argument philologique, d'une portée moindre que le précédent, consiste dans l'existence des synonymes, ainsi que des mots à plusieurs sens. Même lorsque ces mots ont une orthographe différente, cela ne change pas grand'chose pour les personnes chez lesquelles les impressions auditives prédominent sur les impressions visuelles, sans parler de sujets illettrés. Comment peut-on penser à l'aide d'un mot qui a tantôt une, tantôt une autre, voire une troisième signification ? s'en figure-t-on toutes ? Mais cela est impossible. Une seule ? mais cela veut dire qu'il s'agit d'une pensée et non d'un mot.

Une démonstration analogue, quoique plus compliquée, pourrait être fournie aussi bien pour les synonymes.

7° Le dernier argument philologique que nous citerons et qui nous ramène déjà au domaine de la psychologie consiste dans l'existence des prépositions, des conjonctions ou des locutions complexes en tenant lieu, servant à exprimer, en général, tel ou tel autre rapport entre des objets qu'on se représente ou entre des idées elles-mêmes.

Il importe de noter que, même dans une même langue, un même rapport logique entre des objets est exprimé par des prépositions très variées et dont le choix dans les divers cas ne repose pas sur des causes logiques, mais se conforme à l'évolution historique de la langue. Il suffit, pour s'en convaincre, de comparer les prépositions dans différentes langues. Au contraire, une même préposition correspond à plusieurs espèces de liaisons logiques. En conséquence, etc...

On peut faire une remarque analogue aussi bien pour les conjonctions.

Avant de quitter maintenant les domaines de la grammaire et de la philologie, nous pouvons généraliser les remarques faites ci-dessus sur l'existence, dans la pensée, d'une catégorie de rapports difficiles à exprimer par des mots. Chaque philosophe et école philosophique introduisent d'ordinaire de nouveaux mots pour désigner ces choses vieilles comme le monde. Chaque nouvelle école philosophique les repense et les désigne d'une manière inédite. Il ne faut point y voir un simple souci d'originalité — ce souci existe bien, mais il ne joue dans l'histoire de la pensée humaine qu'un rôle fort secondaire. Il s'agit plutôt du fait qu'ici l'application de mots « ne va pas ». Autant qu'il est simple de lier un mot à un objet (substantif), à une qualité (adjectif), à une action (verbe), etc., autant il est difficile de le lier à un rapport.

8° Outre la catégorie des rapports, on peut signaler encore une autre catégorie où la disjonction entre la pensée et la parole est particulièrement manifeste. J'ai en vue les associations. Lorsque, en psychologie, on parle d'associations d'après le sens et d'associations par contiguïté, on introduit déjà, de façon implicite, cette disjonction. Bien entendu, il existe parmi les associations par contiguïté un groupe d'associations par contiguïté verbale. Or, ce n'est là qu'un seul groupe d'associations et encore est-il fort étroit. Dans la vie quotidienne, il trouve un large emploi dans la composition et la résolution de diverses devinettes, charades, de mots croisés, etc. Je ne veux pas dire par là que ce groupe soit pour ainsi dire une espèce inférieure d'associations : les appréciations sortent en principe du cadre de la science. Je veux seulement, par cet exemple, souligner le fait que, bien que les devinettes, les charades et les mots croisés reposent sur une association par contiguïté verbale, l'homme moyen ne les résout qu'avec peine. Et chose encore plus étonnante, pour les hommes d'intelligence supérieure (savants, penseurs, etc.), leur solution, loin d'être plus simple, est encore plus difficile. Il faudrait, semble-t-il, en conclure que la pensée ordinaire, de même que la pensée scientifique, ne suit pas la parole et le mot, par association de contiguïté verbale, mais qu'elle emprunte quelques voies spéciales et toutes abstraites.

9° Enfin, pour terminer, mais loin d'avoir épuisé cette liste déjà longue d'arguments, nous en citerons encore un, le dernier pour cet article, et qui nous semble particulièrement convaincant.

La science ne peut avoir affaire qu'à des choses ayant une étendue dans le temps ; or, aussi bien la parole prononcée que la parole écrite exigent du temps pour être perçues. Ce temps est très différent pour les personnes différentes plus ou moins douées et instruites, mais c'est bien un temps qu'on peut exactement mesurer en faibles fractions d'une seconde et parfois, dans des conditions de fatigue, même en secondes.

Voyons maintenant la pensée. Elle aussi exige, bien entendu, du temps. Une pensée instantanée n'est qu'une image poétique. Cette image est toutefois instructive. La vitesse de la pensée qui peut, elle aussi, être très différente, peut atteindre des chiffres entièrement incomparables avec la vitesse de la perception visuelle ou auditive de paroles. Des exemples à l'appui de cette assertion sont cités par l'auteur à un autre endroit.

Bien entendu, on peut logiquement se figurer une vision interne de mots parallèle à la pensée, ainsi que le pensait le savant physiologiste qui affirmait toujours voir le mot « chien » lorsqu'il pensait à un chien. Cependant, de même que maintes autres idées logiquement possibles, celle-ci s'écroule également lors d'une vérification quantitative. La vitesse réelle de la pensée n'admet pas quantitativement la possibilité d'une lecture visuelle simultanée et encore moins la possibilité d'une audition simultanée. Ainsi, il ne reste que l'alternative : ou bien la pensée n'est point liée au mot, ou bien ce que

d'aucuns appellent le mot, n'est en réalité qu'une expression désignant leur pensée et fort mal choisi, car il exprime des processus quantitativement très différents (je ne parle pas ici de la qualité) de la vision, de l'audition, de la prononciation ordinaires des mots ou de leur reproduction par écrit.

Quelles conclusions pourrait-on donc tirer de l'exposé ci-dessus ?

Nous avons parlé plus haut de la coïncidence ou de la non-coïncidence possibles des arguments. En l'occurrence, tous les arguments concordent. La pensée peut, certainement, s'accompagner du mot comme d'une sorte d'harmonique psychologique, mais cela n'est pas indispensable, ni même désirable, ainsi que l'a justement fait remarquer Cailleux. Cette vérité que la pensée coule séparément et indépendamment des paroles, est objective dans toute la mesure dans laquelle on peut s'élever à des vérités objectives. Quant aux opinions subjectives de différents auteurs, nous dirons, en nous abstenant de citer des noms, que d'aucuns s'imaginent, penser en mots, en quoi, selon toute apparence, ils se trompent ; d'autres, au contraire, s'imaginent que la pensée coule indépendamment des mots. et, selon toute apparence, ils ont raison.

M. MATSCHINSKI.



LES LIVRES

BREUIL (H.) et LANTIER (R.). — Les Hommes de la pierre ancienne (Paléolithique et Mésolithique). 1 vol. in-8, 335 pages, 16 planches. Paris, 1951 (Payot, éditeur). Prix : 900 fr.

Les préhistoriens se réjouiront de la publication de ce nouvel ouvrage qui est le fruit de la collaboration de deux spécialistes éminents.

Le livre est divisé en dix-neuf chapitres traitant de l'antiquité de l'homme, des causes naturelles de la fracture du silex, de la taille intentionnelle et des outillages, des sites préhistoriques, des grottes et abris, des anciennes humanités et de leurs manifestations.

Cette mise au point permet de mesurer le chemin parcouru depuis quelques décades, de voir ce qui est acquis et tombé dans le domaine public, puis ce qui reste encore en discussion (certains points de stratigraphie et quelques problèmes du Mésolithique). Il est intéressant de noter que les auteurs, allant plus loin que les anthropologistes, répudient l'appellation de « Préhominiens » habituellement donnée aux Pithécanthropes et Sinanthropes ; ils les rangent résolument parmi les très anciens Hommes, ayant droit à ce titre du fait de leurs œuvres (feu et outillage).

Les chapitres les plus importants ont trait au Paléolithique et au Mésolithique, décrivant des outillages, l'art mobilier et pariétal, les pratiques funéraires et religieuses sont déduites de l'observation d'un matériel considérable et de la comparaison avec les sociétés actuelles de l'Arctide ou de la Mélanésie. Les Paléolithiques de l'Age du Renne apparaissent de plus en plus comme des groupes humains en pleine expansion, en possession d'une civilisation matérielle et morale avancée, comparable à celle des peuples chasseurs actuels. Seize planches hors-texte illustrent les manifestations artistiques de nos ancêtres aurignaciens et magdaléniens.

R. FURON.

BUSSON (G.) et LEFORT (P.). — Comment apprendre à piloter un hélicoptère. — Un vol. 152 p. Editions Chiron, Paris.

Parmi les giravions, c'est-à-dire les appareils aériens dont la sustentation est créée par une voilure tournante (ou rotor), à axe sensiblement vertical, les hélicoptères, objets du présent livre, se distinguent par le fait que la voilure en question assure tout à la fois la sustentation, la propulsion verticale et la translation horizontale, cette dernière étant obtenue par un basculement approprié du plan de rotation du rotor.

Après une partie introductive, résumé du vocabulaire aérotechnique et des notations usuelles, les auteurs étudient successivement : la classification et les caractéristiques des hélicoptères actuellement d'un emploi courant ; les commandes et le pilotage avec, à cet égard, une comparaison entre l'avion et l'hélicoptère ; enfin le programme d'instruction à l'école de pilotage et les règlements utiles d'ordre administratif (brevets de pilote, etc.). L'ouvrage forme ainsi un guide pour les futurs pilotes d'hélicoptères, qui facilitera notablement la tâche de l'instructeur.

G. GUILLAUMIN.

M. CAULLERY. — Organisme et sexualité. — 1 vol. in-8, 498 pages avec 131 figures. G. Doin et Cie, éd., Paris, 1951.

La reproduction est l'une des caractéristiques essentielles de la matière vivante et la sexualité en est la modalité primordiale : pour la plupart des êtres vivants la reproduction sexuée est la seule possibilité de perpétuation de l'espèce. Le professeur M. CAULLERY, Membre de l'Institut, qui occupa pendant de longues années, à la Faculté des Sciences de Paris, la chaire d'Evolution des Etres organisés, était la personnalité scientifique la plus compétente pour traiter magistralement ce problème, à coup sûr, l'un des plus importants de la Biologie moderne. Une première édition de l'ouvrage parut en 1941 et fut vite épuisée, ce qui témoigne de son immense succès. Au cours de la dernière décade, de nombreux travaux ont apporté des vues nouvelles, notamment en ce qui concerne la reproduction des organismes inférieurs, la détermination du sexe, le rôle et la chimie des hormones sexuelles et hypophysaires. Dans la 2e édition qui paraît aujourd'hui, ces acquisitions récentes ont trouvé place à côté des notions déjà classiques, sans que soit bouleversé le plan d'ensemble de l'ouvrage. Celui-ci se divise en cinq parties : 1°) Reproduction et sexualité ; 2°) Les sexes et les caractères sexuels secondaires chez les Métazoaires ; 3°) Les hormones sexuelles ; 4°) La détermination du sexe ; 5°) La différenciation des sexes et ses anomalies naturelles ou expérimentales : intersexualité et gynandromorphisme. Le livre de M. CAULLERY, clair, très documenté, d'une lecture toujours attachante, complété par une abondante bibliographie (près de 800 références) est à la fois un livre d'enseignement, offrant au lecteur cultivé, sous une forme très accessible, une remarquable synthèse des données solidement acquises et pour le chercheur un instrument de travail précieux et indispensable.

R. CAVIER.

A. DELACHET et J. TAILLÉ. — La Balistique. — Collection « Que sais-je ? » Presses universitaires, Paris, 1951.

Le petit opuscule de la Collection « Que sais-je ? », consacré à la balistique, donne une idée sommaire des théories et des applications d'une science très complexe qui doit être celle de l'artilleur moderne. Dérivant directement de la mécanique rationnelle, elle emprunte à la mécanique des fluides et à la thermodynamique les éléments nécessaires à l'étude de la balistique intérieure du canon et de la balistique propulsive de la bombe volante. Il en est de même pour l'étude de la résistance à l'avancement des projectiles dans l'air, compte tenu des mouvements secondaires.

MM. Delachet et Taillé effleurent ces problèmes en essayant d'en donner des explications simples et suggestives et il convient de les louer d'avoir rassemblé dans un aussi petit volume un très grand nombre de faits et de résultats utiles.

M. PARODI.

EMSCHWILLER (Guy). — Chimie Physique. — Tome I. 1 volume 448 p., 34 figures. Presses Universitaires de France, 1951.

Le livre scientifique français, éprouvé par les événements de la dernière guerre mondiale, commence à surmonter la crise où il se trouvait à l'époque de la libération. La situation était particulièrement grave dans le domaine des sciences chimiques et des sciences physiques. Bien qu'on ne puisse pas encore parler d'une renaissance du livre scientifique français qui lui permettrait de reprendre la place qu'il occupait avant la guerre dans la littérature scientifique mondiale, il faut néanmoins constater qu'après cinq années les efforts conjugués des auteurs et des éditeurs ont permis de combler les plus graves lacunes.

Cet effort se poursuit heureusement et nous ne pouvons que féliciter les Presses Universitaires qui ont créé une nouvelle collection de livres scientifiques. Cette collection, nommée « Euclide », porte le sous-titre « Introduction

aux études scientifiques » ; elle est non seulement destinée aux étudiants mais aussi à tous les amateurs avides de se perfectionner. Divisée en six sections, elle englobe les sciences exactes et naturelles.

Le premier ouvrage édité dans cette collection est la « Chimie physique » de G. EMSCHWILLER, Professeur de l'Ecole Supérieure de Physique et de Chimie industrielles à Paris. Le tome I (l'ouvrage en comporte 3) qui vient d'être publié, est plus spécialement consacré à l'étude de la thermodynamique chimique et des équilibres gazeux. L'auteur explique, dans une introduction, les raisons qui l'ont conduit à bouleverser l'ordre traditionnel observé dans les traités de chimie physique. Ce premier volume étant seul édité à l'heure actuelle, il est difficile de juger le bienfondé de cette forme d'exposé peu usitée. En fait, le respect de cet ordre n'est que secondaire, car toutes les parties de la chimie physique s'enchevêtrent et le mode de développement du sujet est essentiellement déterminé par des raisonnements didactiques subordonnés au savoir des lecteurs à qui s'adresse le livre.

Comme l'auteur le souligne dans la préface de son ouvrage, le traité est destiné aux étudiants qui abordent pour la première fois l'étude de la chimie physique, mais possèdent déjà des connaissances solides de physique et de chimie.

Cette remarque est très justifiée, car on constate en lisant ce volume, qu'il faut non seulement posséder de solides connaissances de physique mais également une certaine habitude des exposés conçus dans un esprit mathématique. En effet, l'auteur n'a pas hésité à se servir avec un certain luxe de l'outil mathématique et on peut compter plus de mille équations dans les 445 pages de ce livre (format 14 × 19). Il s'ensuit que l'ouvrage prend un caractère quelque peu abstrait et la lecture en devient ardue pour certains étudiants. Des applications pratiques plus nombreuses, une meilleure mise en valeur des équations fondamentales auraient assuré plus d'attrait et de facilité à l'exposé. Cependant les lecteurs avisés éprouveront une satisfaction à la lecture de ce livre, car les démonstrations détaillées et claires y sont menées avec une rare aisance mathématique.

Le livre composé de trois parties principales (l'affinité chimique, les équilibres en phase gazeuse et notions de thermodynamique statistique) comprend 21 chapitres et 174 paragraphes dont les titres sont rappelés en tête de chaque page, ce qui facilite les recherches. Les données les plus récentes ainsi que les notations internationales sont respectées ; une bibliographie restreinte mais suffisante permet au chercheur de pousser plus avant dans sa documentation. En résumé, c'est un excellent livre de travail pour les étudiants et les amateurs possédant la formation nécessaire pour en tirer tout le profit et tous les renseignements qu'il est capable de fournir.

B. IMELIK.

FONTAINE (R.). — Formulaire de construction mécanique. — Un vol. cartonné 490 p. 4e édition. Librairie polytechnique Ch. Béranger, Paris et Liège, 1951. Prix : 680 fr.

Aide-mémoire de mécanique contenant les renseignements habituels : rappel des formules et principes essentiels (mathématiques, physique, mécanique théorique et appliquée), nombreuses constantes numériques d'emploi courant. Particularité précieuse : les dimensions de l'ouvrage n'excèdent pas celles d'un dictionnaire de poche.

G. GUILLAUMIN.

HEVESY (G.) — Radioactive indicators. Their application in biochimistry, animal physiology and pathology. — Un vol. de 556 pages, avec 97 figures et 266 tableaux. Interscience publishers, New-York, 1948. — Correspondant pour la France : E. Ulman, 16, avenue de Villiers, Paris (17e).

On sait que les utilisations des radio-isotopes sont, dans ces dernières années, devenues de plus en plus fréquentes dans les diverses disciplines expérimentales et tout particulièrement dans les sciences biologiques. De très nombreuses recherches — d'ailleurs de valeur très inégale et dont les résultats sont parfois contradictoires — ont été effectuées, surtout aux Etats-Unis, et il existe, de ce fait, une bibliographie extrêmement touffue. Une mise au point s'imposait et nul ne pouvait être plus qualifié pour effectuer un travail aussi difficile que G. Hevesy, l'un des pionniers et l'un des meilleurs spécialistes de l'utilisation des radio-isotopes dans l'étude des problèmes biologiques.

Les premiers chapitres de son ouvrage sont consacrés à l'étude des méthodes : modes de production des radio-isotopes et techniques de mesure de la radioactivité (chambres d'ionisation, compteurs de Geiger, Muller, technique photographique). Puis, après quelques considérations sur les réactions d'échange isotopique et sur les applications des indicateurs radioactifs dans l'analyse chimique classique, l'auteur expose les travaux qui ont été consacrés à l'étude de l'absorption, de la répartition dans l'organisme et de l'élimination des radio-éléments, qu'il s'agisse des isotopes d'éléments constitutifs de la matière vivante (P, As, S, halogènes, alcalins, alcalino-terreux, fer, etc.), ou d'isotopes d'éléments étrangers à l'organisme (polonium, plutonium).

Le chapitre suivant est consacré aux applications des radio-isotopes, à l'étude des phénomènes de perméabilité dans l'organisme : vitesse de passage des ions à travers les parois capillaires, perméabilité de la paroi stomacale pour diverses substances, perméabilité placentaire, mouvements de l'eau et des ions entre intestin et sang, passage à travers les barrières méningées et oculaire, détermination du volume des liquides extra-cellulaires, etc...

L'auteur expose ensuite, dans un très long chapitre, les principaux résultats obtenus avec les radio-isotopes dans l'étude des divers métabolismes : (composés phosphorés, composés soufrés, molécules marquées avec des isotopes radio-actifs du carbone, protides iodés).

Les deux derniers chapitres présentent les résultats obtenus dans l'étude du métabolisme du squelette et dans celle de la physiologie des globules rouges.

En résumé, G. Hevesy, après avoir précisé les modalités et les possibilités de l'utilisation des radio-isotopes pour les recherches scientifiques, a magistralement condensé les principaux résultats obtenus. Son ouvrage sera extrêmement utile non seulement à ceux qui veulent faire appel, pour leurs travaux, à cette méthode moderne d'investigation, mais aussi à tous ceux qui, quelle que soit leur discipline, veulent se tenir au courant des acquisitions les plus récentes de la science en général.

R. TRUHAUT.

Albert JEANNIN. — La faune africaine (Biologie, Histoire, Folklore, Chasse). Un vol. in-8° de la **Bibliothèque Scientifique.** — Payot, édit., Paris, 1951.

Le nouvel ouvrage du Docteur A. Jeannin, ancien chef du service zootechnique du Cameroun, offre au lecteur une documentation vivante et détaillée sur les animaux sauvages de la faune africaine, visant non seulement les espèces banales (Lion, Zèbre, Eléphant, etc...), mais aussi les espèces rares et mal connues (Okapis, Mouflons, Ibex, Bongos, etc...) Pour chaque espèce, on trouve, après une rapide description morphologique, des renseignements clairs et précis sur les mœurs, le comportement, l'habitat, l'alimentation, les maladies, les essais de domestication. Viennent ensuite les fables et les légendes tirées des anciens auteurs, les croyances populaires, formant un ensemble curieux et passionnant. Enfin sont rapportés les procédés de capture et de chasse, parmi lesquels ceux utilisés par les Indigènes ne manquent pas de pittoresque. A ce propos, l'auteur insiste sur la nécessité de protéger certains animaux d'une destruction systématique, grâce à la réglementation de la chasse, l'organisation de zones de préservation et de réserves. D'une lecture facile et toujours attrayante, d'une haute tenue scientifique, cet intéressant ouvrage est assuré d'un vif succès.

R. CAVIER.

KEGHEL (M. de). — Les produits de blanchiment et décolorants domestiques et industriels et leurs emplois. — Un vol. in-8° (14 × 19), de 327 pages, avec 42 figures et photographies. Nouvelle édition revue et augmentée. Edit. Gauthier-Villars, Paris, 1951. Prix : broché 900 fr.

L'ouvrage comporte quatre chapitres. **Chapitre premier : Le Chlore et les chlorures décolorants :** modes d'obtention, par voie chimique et électrochimique, propriétés, emplois, avantages et inconvénients. L'auteur examine les différents types d'électrolyseurs à diaphragmes et à cellules de mercure et compare les appareils français et américains. — **Chapitre II : Oxygène, ozone, peroxydes et persels.** Une mention spéciale est réservée au perborate de sodium, qui connaît actuellement une grande vogue pour le blanchiment domestique du linge, parce qu'il permet d'obtenir une blancheur que les composés chlorés ne fournissent pas. — **Chapitre III : Le soufre et ses dérivés.** Ils constituent d'excellents agents de blanchiment de la laine et de la soie. L'hydrosulfite de sodium est, en outre, utilisé pour blanchir le jute, le sisal, le rotin et diverses autres fibres végétales, ainsi que pour décolorer les jus sucrés en sucrerie. — **Chapitre IV : Blanchiment.** Nombreux exemples d'application des agents de blanchiment préalablement étudiés : chaume, ivoire, éponges, nacre, os, crins et poils, marbre.

Bonne publication, écrite par un technicien dominant tous les aspects de son sujet, et qui sera la bienvenue auprès des usagers du blanchiment. Une table alphabétique détaillée rend d'ailleurs facile et rapide la recherche des renseignements.

E. CATTELAIN.

MEUNIER (L.) et **VANEY (C.)** — La Tannerie. — Un vol. in-8° (25 × 16), de 908 pages et 138 figures. 3e édition. Edit. : Gauthier-Villars, Paris, 1951. Prix : broché 2.000 fr.

La troisième édition conserve, dans ses grandes lignes, l'orientation et la présentation de la précédente (1936). Cependant, certains chapitres ont été révisés et complétés pour tenir compte des plus récents travaux français et étrangers.

Le chapitre concernant les fermentations en tannerie a été entièrement revu et mis à jour pour tenir compte des travaux récents sur le métabolisme des hydrates de carbone et des protéines et sur les applications des enzymes pour le confitage.

La description des méthodes d'examen des qualités physiques et mécaniques des cuirs a été établie en accord avec l'A.F.N.O.R.

La nouvelle méthode de dosage du tanin par **détannisation directe** est décrite avec détail, en raison de sa grande simplicité d'exécution, et parce qu'elle donne des résultats identiques à ceux de la **shake method** officielle. Des indications nouvelles sont également données sur l'examen et l'analyse des tanins synthétiques et des liqueurs ferriques utilisées en tannerie.

Les chapitres traitant du tannage au chrome et à l'alun tiennent compte des travaux qui ont été publiés par les Instituts de Recherches pour les Industries du Cuir entre 1936 et 1948, travaux qui prolongent les remarquables recherches du professeur E. Strasny. En ce qui concerne les complexes du chrome, de nouvelles méthodes d'investigation ont permis de mieux les caractériser, d'établir de façon certaine leur constitution chimique, leur caractère anionique, cationique, ou non chargé, de mettre en évidence les relations entre la structure physico-chimique des molécules et leurs propriétés tannantes.

Ouvrage de base, indispensable aux spécialistes du tannage, s'imposant par son contenu et la personnalité des auteurs. Nul doute que cette nouvelle édition connaîtra le même succès que celui des éditions antérieures.

E. CATTELAIN.

Rufus OLDENBURGER. — Mathematical Engineering Analysis. — Macmillan, New-York, 1950.

Il est deux méthodes d'enseignement des mathématiques aux ingénieurs : l'une, consiste à faire un cours sur certaines branches des mathématiques en l'illustrant par de nombreuses applications physiques, l'autre, à choisir certains groupes de problèmes qui se posent aux techniciens et à donner les procédés mathématiques qui permettent de la résoudre ; c'est à la seconde méthode que s'est arrêté M. Oldenburger dans son ouvrage : en près de quatre cent pages, il étudie successivement les problèmes essentiels que posent la Mécanique du corps solide, la théorie de l'Electricité et du Magnétisme, celles de la Chaleur, de l'Elasticité et de la Mécanique des fluides.

Abordant les questions les plus modernes, cet ouvrage est d'une lecture très attachante.

M. PARODI.

POUQUET (J.). — L'Erosion. — 1 vol. in-16, 128 pages, 10 figures. Collection « Que sais-je ? ». Paris, 1951, P. U. F. éditeur. (Prix : 122 fr.)

Je me permets tout d'abord d'exprimer mon désaccord avec l'auteur, qui, contrairement à l'opinion générale (ce qui ne prouve rien en soi), nous assure que les Arabes ne sont pas « des ennemis de l'arbre » (p. 94) et que « la responsabilité de l'homme est assez négligeable en ce domaine » de l'érosion (p. 123). Les deux volumes de comptes rendus du Congrès de Lake Success (1949) prouvent à nouveau que c'est l'action de l'homme qui a rompu récemment l'équilibre naturel (eau-sol-tapis végétal) et provoqué des phénomènes d'érosion extrêmement graves. Je parle de l'érosion actuelle et non pas de celle qui s'est exercée au cours des temps géologiques.

Ceci étant dit, M. J. Pouquet, géographe et géomorphologue, nous apporte un excellent petit livre sur la technique de l'érosion, problème trop négligé en France, tellement négligé qu'il faut utiliser tout un vocabulaire anglo-américain (sheet erosion, rill erosion, slumping, soil-creep, etc.). Les phénomènes d'érosion sont soigneusement décrits et même chiffrés, puis ensuite les facteurs génétiques de l'érosion : lithologie, topographie, couverture végétale et climatologie.

Je souhaite bon succès à cet ouvrage qui attirera l'attention des lecteurs sur certains aspects d'une des plus graves maladies de la Terre, susceptible de menacer l'existence même de l'humanité.

R. FURON.

A. C. SCHAEFFER et D. C. SPENCER. — Coefficient regions for schlicht functions. — Vol. XXXV des Colloq. Publ. de la Soc. Amér. de Math. XVI + 310 pages, avec fig. et planches en couleurs. New-York City 1950. Prix : 6 doll.

En théorie des fonctions analytiques, l'expression **schlicht functions** équivaut à la locution française de **fonctions univalentes.** Par exemple, si l'on prend la classe S des fonctions de la forme $f(z) = z + a_2 z^2 + a_3 z^3 + \cdots$ qui sont holomorphes et univalentes dans le cercle $|z| = 1$, P. Kœbe a prouvé qu'il existe une constante k telle que la frontière de l'image dans le plan W du domaine $|z| < 1$ par $w = f(z)$ n'ait dans W aucun point intérieur, à un cercle de rayon k centré à l'origine. Des considérations de ce genre interviennent souvent dans l'étude de la représentation conforme. De plus, elles suggèrent des problèmes extrémaux. Ainsi, dans la classe citée de fonctions, on avait trouvé $k = 0{,}25$ et obtenu les inégalités

$$\frac{1-|z|}{(1+|z|)^3} \leq |f'(z)| \leq \frac{1+|z|}{(1-|z|)^2} \quad (\text{avec } |a_2| \leq 2)$$

L'égalité n'est possible (à gauche ou à droite), que pour la fonction particulière

$$f(z) = z(1+ze^{i\varphi})^{-2}$$

Cela pose le problème de fixer les régions que peut décrire, pour une fonction de la classe S, le coefficient de z^n (d'où la locution introduite dans le titre du livre : **coefficient regions**). Ce problème peut d'ailleurs être envisagé aussi pour des sous-classes de S. On voit alors se dessiner, de par l'exemple cité, les problèmes extrémaux auxquels il vient d'être fait allusion, problème dont traite systématiquement le présent ouvrage, fruit des recherches originales entreprises par ses auteurs depuis quelques années. Un chapitre additionnel sur la région occupée par les valeurs possibles de la dérivée d'une f (z) univalente a été écrit par M. A. Grad et enrichit cet ensemble si suggestif, tant au point de vue de la théorie des fonctions qu'à celui des propriétés extrémales, considérées globalement (calculus of variations in the large).

G. BOULIGAND.

R. SAUER. — Ecoulements des fluides compressibles. — Un vol. cartonné 16 × 24 de XVI-306 p., avec nombreuses figures, tables numériques, résumés en tête des chapitres. — Ch. Béranger, Paris et Liége, 1951.

Si la dynamique des gaz est l'actuel souci des constructeurs d'avions, rapides ou ultra-rapides, il faut avouer qu'on a sur ce thème peu de manuels en langue française. A des ouvrages signalés ici en temps utile et qui firent juste place à cet important chapitre de la Mécanique des fluides (tel celui de l'ingénieur en chef Gicqueaux publié aussi par Ch. Béranger ou le cours de Mécanique de l'Ecole Polytechnique de M. Maurice Roy, publié par Gauthier-Villars), vient s'ajouter une traduction d'un bon evposé qu'avait rédigé en allemand, vers 1945, M. R. Sauer. Signalons ici divers points de cette étude, faite en négligeant la viscosité, la conductibilité calorifique et toutes forces extérieures.

Les écoulements, stationnaires ou non (en se réduisant alors à une dimension) sont étudiés, même lorsque l'entropie peut varier (ch. 1er). Après avoir fait la théorie linéarisée des écoulements, stationnaires ou non (valable pour ceux qui s'écartent peu de l'écoulement parallèle non perturbé), en présence de profils ou corps de révolution assez énoncés, et cela aussi bien dans l'hypothèse supersonique, l'auteur donne (ch. III) la solution rigoureuse des mêmes problèmes (cas stationnaire et cas d'ondes continues de pression, à grande intensité). Les indications données (ch. IV) sur la base et le mode d'emploi de la théorie des caractéristiques pour les équations simultanées aux dérivées partielles du premier ordre complètent heureusement ce qui précède. Les trois derniers chapitres sont consacrés à la théorie exacte des écoulements stationnaires subsoniques et à l'étude des ondes de chocs.

Le grand soin apporté par l'éditeur rend la lecture agréable et la consultation très facile. Les nombreux tableaux numériques donnés au cours du texte seront très appréciés des praticiens.

G. BOULIGAND.

TAILLEFER (F.). — Le Piémont des Pyrénées Françaises, contribution à l'étude des reliefs de Piémont. — Thèse Lettre Toulouse, 1950. Privas, 1951, 383 p., une pochette de 7 dépliants.

Comme son nom l'indique, la thèse de Taillefer est une étude régionale destinée à contribuer à éclaircir un problème général. Elle se compose donc de deux parties très inégales : l'étude régionale comporte près de 350 p. et la conclusion sur les reliefs de piémont 35 p. seulement.

L'étude régionale est peu déroutante par l'accumulation des monographies de détail, mais hiérarchisées, dont on perd souvent le fil. Les faits essentiels auraient pu être mieux groupés, le plan plus synthétique. L'ouvrage en aurait été raccourci et de lecture plus aisée. L'auteur étudie ainsi d'abord les structures, les divers aspects régionaux, puis les divers dépôts, les aplanissements successifs, la formation de Lannemezan, la formation du réseau hydrographique, son évolution au Quaternaire, ses profils longitudinaux, les vallées dissymétriques, les bassins méditerranéens.

La méthode employée ne fait aucune place aux études de pétrographie détritique, ce qui ne manque pas d'être un peu gênant pour une région où elles constituent les documents essentiels de la morphogénèse. De ce fait, bien des discussions semblent un peu académiques, comme celle sur les formations de Lannemezan, dont l'essentiel est constitué par des citations d'auteurs et une argumentation livresque. Bien des éléments de ce travail sont davantage des interprétations que des analyses de faits et des démonstrations.

Les conclusions de l'auteur font la plus large place aux phénomènes morphoclimatiques, responsables des accumulations et des creusements successifs, mais les processus ne sont guère analysés.

L'ouvrage s'achève sur un chapitre fort utile sur la distinction des piémonts et des pédiments et sur un essai de construction d'un « cycle de piémont ».

J. TRICART.

René TATON. — L'Œuvre scientifique de Monge. — 1 vol., 441 pp., Presses Universitaires de France, 1951. (Bibliothèque de Philosophie contemporaine.)

L'Œuvre mathématifique de G. Desargues. — 1 vol., 232 p., même collection, 1951.

La vie de Monge a été souvent écrite : le bicentenaire de sa naissance, en 1946, a vu se multiplier les articles sur le fondateur de la Géométrie descriptive. Cette vie, d'ailleurs, aux péripéties multiples, a de quoi tenter un biographe : l'expédition en Egypte, l'amitié de Napoléon, la fondation de l'Ecole Polytechnique, peuvent intéresser vivement le grand public. Mais l'œuvre scientifique de Monge, en raison même de son caractère technique et hermétique, a été moins étudiée. Il faut donc savoir gré au brillant historien des sciences qu'est M. René Taton, d'avoir consacré sa thèse principale de doctorat à l'exposition des travaux mathématiques et physiques de Gaspard Monge. La lecture de cet ouvrage, clair et bien écrit, fait ressortir l'activité extrême et le génie scientifique de Monge : successivement sont passées en revue ses contributions à la géométrie descriptive, à la géométrie analytique, à la géométrie infinitésimale, à l'analyse mathématique, enfin à la mécanique, à la physique, et même à la chimie, car « ce diable d'homme », comme disait Laplace, a touché à tout avec la même maîtrise. Un tableau, fort utile, des œuvres imprimées ou manuscrites de Monge et une copieuse bibliographie, complètent ce volume, qui manquait aux historiens de la Science, et qui leur rendra d'immenses services.

En même temps que cet ouvrage, M. Taton nous donne un autre travail, non moins important, qui constitue sa seconde thèse. C'est une étude sur ce que l'on connaît de l'œuvre mathématique de ce géomètre, méconnu de tous ses contemporains — sauf d'un enfant de seize ans, Blaise Pascal — mais chez qui l'on trouve en germe toute la Géométrie moderne : Girard Desargues (1591-1661). Les trop rares textes de cet auteur, à peu près introuvables aujourd'hui, sont ici réunis, commentés, annotés : en particulier le célèbre **Brouillon Project**, perdu pendant si longtemps, connu seulement par une copie retrouvée au milieu du siècle dernier, mais dont enfin le texte original vient par hasard d'être remis au jour : c'est ce Brouillon Project qu'a lu et compris Pascal, et qui lui a inspiré sa première œuvre, **l'Essay pour les Coniques.** Inspirateur de Pascal, précurseur des géomètres du dix-neuvième et du vingtième siècles, Desargues méritait d'être tiré de l'ombre, et la publication de M. René Taton va remettre à sa vraie place l'un des savants les plus intéressants de ce passionnant siècle de Louis XIII.

Pierre HUMBERT.

J. TERRIEN. — De la loupe au microscope électronique. — Collection « Que sais-je ? ». — Presses Universitaires de France, Paris, 1951.

Dans cet opuscule, M. Terrien, après avoir résumé les connaissances classiques sur la loupe et le microscope, signale les progrès les plus récents qui ont accru les possibilités de ce dernier : il fait, en particulier, un exposé de la théorie d'Abbe ainsi que de la méthode du contraste de phase de Zanike. Il termine par une intéressante description du Microscope électronique.

M. PARODI.

TIOLLAIS (R.). — **La Chimie organique.** — Un volume in-16 (11 × 18) de 136 p. Edit. Presses Universitaires de France, Paris. Prix : 122 fr.

Ce volume (le n° 485 de la collection **« Que sais-je ? »**) expose, sous une forme brève mais précise, les notions fondamentales de cette vaste science qu'est la Chimie organique : œuvre de vulgarisation, bien succincte, mais exposé suffisant des bases élémentaires indispensables pour entreprendre la lecture des ouvrages classiques dont le lecteur trouvera une liste sommaire à la page 135.

Le **chapitre premier** a trait aux généralités. Puis sont successivement étudiées la fonction hydrocarbure (**chapitre II**), les fonctions oxygénées (**chapitre III**) et les fonctions azotées (**chapitre IV**). L'ouvrage se termine par l'étude sommaire des composés hétérocycliques (**chapitre V**).

Bonne mise au point et écrite par un spécialiste qualifié.

E. CATTELAIN.

Pierre VERNOTTE. — Théorie et pratique des séries divergentes. Nouvelles recherches sur la sommation pratique des séries divergentes. — Vol. 207 (480 p.), et 238 (280 p.) des Publications scientifiques du Ministère de l'Air, Paris, 1950.

L'auteur établit au départ une relation formelle entre le problème de la sommation divergente et la théorie de l'interpolation. Il applique ses idées, souvent hardies, à de nombreuses applications numériques. Il examine dans le second volume le parti à tirer d'un processus de ralentissement, venant s'adjoindre à celui qui précède, pour aboutir à une série alternée dont les termes décroissent d'abord, en valeur absolue, jusqu'à un certain minimum. Les préfaces, écrites par M. Joseph Pérès pour chacun de ces livres, soulignent l'intérêt de recherches qui prendraient appui sur ces deux mémoires substantiels et viendraient faciliter des applications importantes à la Mécanique des fluides et à la Physique mathématique.

G. BOULIGAND.

VERNOTTE (Pierre). — **Application précise d'une clause qualitative de régularité au dépouillement des courbes expérimentales et à la solution de certains problèmes mathématiques.** — Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air. Note technique n° 37, V, 25 p. Paris, 1950.

A partir de l'introduction d'une notion améliorée de la régularité, l'auteur précise les conditions de dépouillement des résultats expérimentaux qui semblent les meilleurs.

G. PETIAU.

G. VERRIEST. — Les nombres et les espaces. — Un vol. de 190 p., avec 8 fig. Coll. Armand Colin. — Colin, Paris, 1951.

Livre excellent qui répond pour le mieux à un désir fréquent des adeptes de la philosophie des sciences : connaître les idées actuelles, rénovatrices de la mathématique. Cela s'amorce avec les généralités sur le nombre et les ensembles (ch. Ier), l'idée de correspondance biunivoque, la numération transfinie, l'importance réelle qu'il convient d'attribuer aux paradoxes. Les deux chapitres suivants montrent la place véritable de la géométrie eucli-

dienne, et éclairent, au moyen de la notion de groupe, la possibilité ou l'impossibilité de certaines constructions géométriques. Progressivement, le lecteur entrevoit ce qu'il peut attendre du secours des notions qui spontanément, apparaissent au seuil de l'algèbre moderne : à côté des groupes, ce sont les anneaux, les corps, les idéaux (ch. III). Il en arrive (ch. IV) à concevoir une algèbre de la géométrie moyennant laquelle, par exemple, la géométrie de l'espace projectif à trois dimensions est rattachée à la théorie des treillis. Et, après cette exploration, il participe à une vue générale des mathématiques, montrant bien que des notions, aujourd'hui chères aux praticiens, comme le calcul matriciel, sont le fruit des spéculations les plus désintéressées.

G. BOULIGAND.

J. L. WALSH. — L'emplacement des points critiques des fonctions analytiques ou harmoniques. — Vol. XXXIV des Colloquium Publications de la Soc. Amér. de Math., 385 p., 17 × 25. Cart. prix : 6 dollars. New-York, 1950.

Le terme **point critique** désigne un zéro de la dérivée d'une fonction f (z) au bien un point où s'avance le gradient d'une fonction harmonique. Ce sujet est à l'ordre du jour et récemment, ici-même, a été analysé un volume de Marden concernant la géométrie des zéros d'un polynôme dans le plan complexe (Coll. des Math. Surveys, édités aussi par la Soc. Amér.). Le présent livre donne à ce thème d'études une généralité plus large. Il s'applique à déterminer des régions exemptes de points critiques, les régions contenant, si possible, tous les points critiques de la fonction donnée ; il s'attache, en outre, pour les polynômes et les fractions rationnelles, à dégager des résultats extensibles aux fonctions analytiques ou harmoniques plus générales. La technique employée pour localiser, le plus étroitement possible, les points critiques, tire parti des inégalités algébriques, de la géométrie cartésienne, de la géométrie des cercles et transformations circulaires, de la théorie du potentiel et de la représentation conforme. D'où un caractère élémentaire de l'exposé, le rendant très abordable. Le sujet comporte des applications aux champs de forces, ce qui ne manque pas d'en accroître l'intérêt.

G. BOULIGAND.

O. F. G. SCHILLING. — La théorie des valuations. — Un vol. de 250 p., 17 × 26, de la coll. Math. Surveys. — Soc. Amér. Math., New-York, 1950. Prix : 4 doll.

La théorie des valuations a été construite à la suite de travaux de Dedekind, Weber, Riemann, Hensel, pour mettre en connexion avec la théorie des fonctions algébriques d'une variable celle des nombres algébriques. Les idées de départ de Hensel ont été prolongées par Chevalley, Krull, Ostrowski. D'où un nouveau corps de doctrines, formant l'objet du présent livre et se ralliant à l'algèbre topologique.

Cet ouvrage spécialisé vient bien à son heure. Il intéresser ales jeunes mathématiciens, désormais nombreux, préoccupés des algèbres abstraites et des théories afférentes, groupes, idéaux, etc...

G. BOULIGAND.

Le Mécanisme de l'Oxydation. — Comptes rendus du 8e Conseil de l'Institut International de Chimie Solvay, tenu à Bruxelles (10-15 septembre 1950). — Editeur : R. Stoops, Coudenberg 76-78, Bruxelles.

Le 8e Conseil de l'Institut International de Chimie Solvay de 1950 s'est tenu à Bruxelles sous la présidence de M. le professeur P. Karrer. Ce Conseil s'est entièrement occupé des phénomènes d'oxydation et plus spécialement du mécanisme de ces phénomènes. Les rapporteurs ,appartenant à six nations différentes, présentèrent les sujets suivants .

MM. M. G. Evans (Manchester) : Oxidation-reduction reactions considered as electron transfer processes.

W. A. Waters (Oxford) : Electronic interpretations of oxidation.

P. Laffitte et E. Freling (Paris) : L'oxydation et la combustion en phase gazeuse. Les hydrocarbures paraffiniques.

C. H. N. Chamberlain and A. D. Walsh (Leeds) : The mode of action of aromatic and metal containing anti-knocks.

M. S. Karasch (Chicago) : The role of peroxides in addition reactions of olefins and in the polymerization of unsaturated compounds.

A. Schœnberg (Le Caire) : The formation of peroxides in light.

P. Fleury et J. Courtois (Paris) : L'acide periodique, oxydant sélectif en chimie organique ; comparaison avec le tétracétate de plomb.

A. G. Ogston (Oxford) : Oxidation reactions and the exchange of energy in animals.

G. Schwarzenbach (Zurich) : Mesure de l'équilibre des réactions d'oxydo-réduction dans les solutions.

M. Pourbaix (Bruxelles) : Mécanisme de l'oxydation électro-chimique.

Les uns, comme MM. M. G. Evans et W. A. Waters, considèrent le problème d'un point de vue théorique, de transfert d'électrons, les autres, comme MM. Laffitte et Freling, ou MM. Fleury et Courtois, s'appuient surtout sur un grand nombre de données expérimentales.

L'intérêt des rapports est rehaussé par la qualité des discussions qui suivirent les exposés. En effet, MM. les professeurs Dufraisse (Paris), M. Magat (Paris), H. Thorell (Stockholm), P. van Rysselberghe (Oregon, Etats-Unis) et Wurmser (Paris), prirent la parole.

Il convient de signaler les remarques de MM. Magat et Dufraisse au sujet des expressions « oxydations » et « réductions » qui tendent à désigner, non seulement les réactions dans lesquelles intervient l'oxygène, mais aussi celles dans lesquelles, sans oxygène, se produisent des mouvements d'électrons. Ces remarques entraînèrent les interventions d'un certain nombre de personnalités.

Cet ouvrage trouvera sa place dans toute bibliothèque, à la suite des sept premiers Conseils Solvay.

L. DOMANGE.

Genetic Neurology (Neurologie génétique). — Problems of the Development, Growth, and Regeneration of the Nervous System and of its Functions. (Problèmes du développement, de la croissance et de la régénération du système nerveux et de ses fonctions). — 1 vol. 15 × 23 cm., 239 p. Union internationales des Sciences Biologiques. Série B. N° 6, 57 rue Cuvier, Paris, 1950 et University of Chicago Press.

Ce volume issu d'une conférence internationale qui s'est tenue à Chicago en mars 1949 sous la présidence de P. Weiss, vise à individualiser la **neurologie génétique** en tant que « nouvelle discipline biologique » synthétisant les efforts de tous ceux qui s'intéressent à la génèse du système nerveux dans sa structure et son fonctionnement. L'embryologie, l'histologie, la physiologie, la pathologie, la neurologie, la psychologie, la biochimie et d'autres sciences ont fourni de nombreux matériaux. Leur réunion constitue un nouveau développement. La neurologie génétique n'envisage pas que les processus de neurogenèse, mais aussi ceux qui maitiennent l'intégrité nerveuse ou permettant sa restauration.

Nous ne pouvons ici entrer dans le détail des 20 articles que renferme ce volume, tous écrits par des spécialistes compétents et, il faut le noter, après le colloque, ce qui a permis de tenir compte de la confrontation des points de vue et des discussions.

En 39 pages avec 137 références bibliographiques, P. Weiss, de Chicago présente d'abord une introduction à la neurologie génétique ; il envisage successivement les divers problèmes : différenciation en neuronique, la

croissance des fibres nerveuses et l'établissement des connections, la croissance et les relations trophiques des neurones, la régénération nerveuse, les problèmes de spécificité et de sélectivité dans le développement et le fonctionnement du système nerveux, enfin le développement du comportement et ses bases neurologiques.

On trouve ensuite les articles suivants : organisation colloïdale de la fibre nerveuse (F. O. Schmitt) ; présentation d'un film sur les neurones et la névroglie en culture de tissus (W. H. Lewis) : ce film est en vente au Wistar Institute of Anatomy à Philadelphie ; ajustements des fibres nerveuses périphériques (C. C. Speidel) observés **in vivo** au microscope ; régénérations nerveuses (J. Bocke) : il faut, dit-il, voir neuf et chercher une nouvelle base et une structure plus moderne que la vieille théorie classique du neurone ; déterminations des caractères spécifiques des fibres nerveuses (J. Z. Young) , phénomènes de régénération dans les nerfs humains périphériques (S. Sunderland); quelques aspects de la neuro-embryologie (V. Hamburger et R. Seiv-Montalcini) ; études sur le développement des cellules de Mauthner (A. Stefanelli) ; différenciation et croissance des cellules et des fibres nerveuses (J. Piatt) ; neuropathologie et diversité constitutionnelle des neurones (D. Bodian) ; études spectroscopiques sur les cellules nerveuses (H. Hydén) ; différenciation cytologique, biochimique et physiologique des neuroblastes (L. B. Flexner) ; quelques aspects de la croissance, de la régénération et du fonctionnement nerveux (R. W. Gerard) ; régénération dans la mœlle (D. Hooker) ; régénération dans le système nerveux central (A. Stefanelli) ; croissance nerveuse et développement du comportement (D. Hooker) ; réflexes des embryons et fœtus de Mammifères (W. F. Windle) ; neurologie génétique et problème du comportement (D. H. Barron) ; spécificité neuronique (R. W. Sperry).

P. CHAUCHARD.

Nous avons reçu de M. Robert Tournier une lettre dont, avec son accord, et pour en terminer avec cet incident regrettable, nous publions ci-dessous et sans commentaires, de larges extraits.

Le préambule annonçant, dans le n° 1-2 de 1951 de la Revue Générale des Sciences pures et appliquées, ma réponse à la soi-disant analyse faite par M. Furon (dans le n° 5-6 de 1950 de la même revue), de mon ouvrage « Déformations terrestres » et les commentaires qui suivent cette réponse ne peuvent s'accepter...

En matière de Géologie, les hypothèses émises, et à l'occasion par de très grands auteurs, ont été très nombreuses jusqu'à présent et elles ont toujours fait l'objet de nombreuses discussions. Il est probable qu'il en sera encore longtemps de même.

Il est inutile de railler les auteurs, il est préférable d'étudier les hypothèses. M. Furon a tort de ne pas le faire.

Celle de Wegener date de 1910. Elle a été publiée en 1915. Il est heureux qu'il y ait eu un colloque à ce sujet en 1948, ainsi que M. Furon le rappelle.

Plutôt que de ridiculiser celle, qu'après d'autres, illustres, j'ai cru devoir défendre, M. Furon aurait mieux fait de militer avec moi et de suggérer à des grands mathématiciens d'en poursuivre une étude systématique, comme celle qu'a faite jadis A. Veronnet, par exemple, bien après Euler, par conséquent. Il y aurait là matière à un vrai travail scientifique, incontestablement utile.

J'attire son attention sur la difficulté du problème, non pas tant du fait de l'appareil mathématique à mettre en œuvre que du fait de son adaptation à la réalité. La Terre n'est pas un solide rigoureusement rigide. Si par hasard, les adhérences, au contact entre l'infra-relief de la Litosphère et les masses immédiatement sous-jacentes de la Barysphère, viennent à se modifier, généralement ou localement, M. Furon peut être certain qu'il y aura tendance à glissements, et même qu'il pourra y avoir glissements le cas échéant. La possibilité de ces variations d'adhérence est incontestable, ne serait-ce que du fait de changements pouvant survenir dans les viscosités. Si M. Furon venait à en douter, il ne lui resterait plus qu'à nous expliquer comment il conçoit, d'une part, la déformation des pièces fléchies, et d'autre part, le renflement équatorial ainsi que la théorie des mouvements associés surrections-effondrements.

Je tiens à faire remarquer aux lecteurs de la Revue Générale des Sciences pures et appliquées que si j'ai usé de mon droit de réponse, c'est bien malgré moi et sans « enthousiasme », pour reprendre une expression de M. Constans. Je n'ai pas crû pouvoir faire autrement étant donnée la haute qualité de la plupart des membres des Conseils de Rédaction et de Direction de la Revue.

R. TOURNIER.

L'activité de Chronica Botanica Co

L'activité de **Chronica Botanica Co** ne cesse de croître. Les collections déjà en cours de publication continuent, telles **Annales cryptogamici** et **phytopathologici** et **Chronica botanica** dont le vol. 13 contiendra une liste annotée des institutions et sociétés scientifiques. Parmi les initiatives récentes, mentionnons la préparation d'un dictionnaire biographique concis des botanistes de « tous les temps » ; Chronica Botanica demande à tous ceux qui ont des renseignements précis et difficiles à trouver sur des botanistes peu connus, de bien vouloir collaborer : une première liste de ceux qui ont déjà accepté de fournir des renseignements pour l'**Index botanicorum** est déjà publiée. Une fois par an paraîtra un volume intitulé **Biologia** qui relate spécialement les Congrès ainsi que les relations internationales. La nouvelle série **Lotsya** doit comporter des volumes du même genre que la « **New Series of Plant Science books** », mais avec une présentation moins dispendieuse ; dans les volumes de **Lotsya** pourraient être inclus des rapports sur les conférences internationales. Egalement nouvelle, la série **Pallas** comportera la réimpression de volumes rares et de travaux classiques : un volume est déjà publié et deux autres sont prêts à paraître. Rappelons que Chronica Botanica imprime aussi un nombre illimité de livres publiés ailleurs comme l'ouvrage qui concerne les Règles de nomenclature et qui est analysé ci-dessus. Le **Book department** vient de publier la 5e liste d'ouvrages (agriculture, biologie, publiés récemment dans l'Amérique du Nord ou à l'étranger) et que Chronica Botanica peut fournir immédiatement. Chronica Botanica a également organisé un service d'**Archives** où sont réunies photographies, gravures représentant des botanistes, agronomes, horticulteurs ou relatives à des Congrès, jardins, établissements scientifiques ; ces Archives reçoivent également des lettres, autographes et Chronica Botanica demande à ceux qui en possèdent de bien vouloir lui en envoyer. Ajoutons encore que Frans Verdoorn, créateur et directeur de Chronica Botanica, a été réélu pour trois ans secrétaire botanique de l'International Union of Biological Sciences.

Paul JOVET.



REVUES GÉNÉRALES EN LANGUE FRANÇAISE

ARCHIVES DES SCIENCES (Genève), vol. 4, fasc. 4.

R. GALOPIN : Les poussières éoliennes tombées à Genève en avril 1944 et le problème de leur origine. — **E. WEGMANN** : Méthodes d'analyse tectonique des socles cristallins.

ATOMES, n° 68, novembre 1951.

Dr DUFOURMANTEL : Chirurgie réparatrice. — **F. FROMHOLT** : Le diamant dans l'industrie. — **P. LIENARD** : Pourquoi un avion est-il bruyant ?. — La construction française des voitures de sport.

ATOMES, n° 69, décembre 1951.

Ch. FISHER : Comment on fabrique de la Radioactivité. — **R. BOUILLOT** : Le vole à voile. — **A. STOYKO** : La mesure du temps sur la terre — Les progrès du jouet scientifique.

LA NATURE, n° 3199, novembre 1951.

R. SCHNELL : La Mangrove, forêt maritime des côtes tropicales. — **P. DEVAUX** : Les pièces de forge géantes dans la Marine. — **M. ADAM** : Le caoutchouc électronique. — **A. AUBERT DE LA RUE** : La Guyane française. II. Les populations. — **R. LEGENDRE** : La vie dans les mers à 10.000 m. de profondeur. — **A. GALLET** : La Haute-Roya. — **A. FAYOL** : Champollion l'Egyptologue (1790-1832).

LA NATURE, n° 3200, décembre 1951.

P. PASCAL : La constitution de la matière — Les idées actuelles sur la matière. — **R. TATON** : L'évolution des idées sur la constitution de la matière. — **G. EMSCHWILLER** : Constitution des atomes et des molécules. **G. ALLARD** : Les méthodes d'étude de la structure de la matière.

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 20 octobre 1951.

R. ROYER : Réflexions sur la vulgarisation scientifique. — **R. BALLIEU** : L'Analyse statistique. — **M. NEVE de MEVERGNIES** : La spectrométrie de masse. — **F. P. PIETERMAAT** : Le chauffage à haute fréquence. — **A. HOUBERECHTS** : La réfrigération des chantiers houillers profonds en Belgique.

REVUE TRIMESTRIELLE CANADIENNE (Montréal), n° 146, Eté 1951.

J. J. ROWAN : Oil in Western Canada. — **J. BLONDEL** : Voyage en Yougoslavie 1950. — **A. LECLERC** : Déviation d'un jet liquide par une plaque normale à son axe. — **R. DESROCHES** : Le département des recherches et du développement du Canadien National. — **H. SIMONNET** : La querelle de l'hérédité et du milieu. — **P. H. CASSELMAN** : Cooperatives and Taxation. — **L. T. DAYHAW** : De la vérification des hypothèses en statistique.

REVUES GÉNÉRALES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

EXPERIENTIA, vol. VII, fasc. 11 (novembre 1951 et 12 (décembre 1951).

C. KOSSWIG : Contributions to the Knowledge of the Zoogeographical Situation in the Near and Middle East. — **B. GOTZ** : Die Sexualduftstoffe an Lepidoteren. — **E. GAUMANN** : Neuere Erfahrungen mit Welketoxinen. — **D. R. GRIFFIN** : Audible ans Ultrasonic Sounds of Bats.

JOURNAL OF THE FRANKLIN INSTITUTE. — T. 252, n° 2, août 1951.

A. B. HUNICKE : La trémie à valve appliquée aux dépôts de ciment sous-marins. — **W. F. ZETRONER et W. J KESSLER** : Une note sur la similitude de certains atmosphériques. — **W. E. RAMSEY** : La décharge lente d'un compteur de Geiger non autodéclanchable. — **T. A. ESTRIN, T. J. HIGGINS** : La solution des problèmes aux limites pour les transformations de Laplace multiples.

T. 252, n° 3, septembre 1951.

T. KNOWLER et A. H. TAYLOR : Le rayonnement spectral effectif dans la photoréactivation de cultures de microorganismes irradiées par l'ultra-violet. — **D. E. SPENCER, V. J. STAKUTIS** : La résolution de l'équation intégrale du problème de l'éclairage par la lumière du jour. — **I. F. PATAI, M. A. POMERANTZ** : Les différences de potentiel de contact.

JOURNAL OF RESEARCH OF THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. — T. 46, n° 5, mai 1951.

R. G. BATES et G. D. PINCLUNG : Constante de dissociation et grandeurs thermodynamiques associées pour l'ion monoéthanolammonium dans l'eau de 0 à 50° C. — **R. STAIR** : Distribution spectrale ultra-violette de l'énergie rayonnée par le soleil. — **G. H. KEULEGAN** : Marées produites par le vent dans les bassins fermés de petites dimensions. — **E. K. PLYLER, M. A. LAMB** : Le spectre infra-rouge du bromochlorofluorométhane. — **L. SHARTSIS et S. SPINNER** : Le tension superficielle des silicates alcalins fondus. — **B. G. ACHHAMMER, F. W. REINHART, G. M. KLINE** : Le mécanisme de la dégradation des polyamides. — **P. R. KARR** : Les propriétés rayonnantes des antennes en fonction de la localisation de l'énergie appliquée.

T. 46, n° 6, juin 1951.

R.STAIR : La spectroradiométrie photoélectrique et son application aux mesures sur les lampes fluorescentes. — **L. V. PENCER et U. FANO** : Pénétration et diffusion des rayons X. Calcul des répartitions spatiales par un développement polynomial. — **J. A. BENNETT** : Une étude par les rayons X de la fatigue des métaux. — **W. WASOW** : Sur la durée moyenne des marches au hasard. — **H. L. LOGAN** : L'effet du chromage sur la déformation plastique de l'acier S A E 4130. — **CHAN-MOU TCHEN** : Processus stochastiques et dispersion des configurations d'événements en chaînes. — **J. W. KNOWLTON et E. J. PROSEN** : Chaleurs de formation et de combustion du cyanogène. — **M. MACLEAN DAVIS et H. B. HETZER** : Le comportement de la bromophtaléïne magenta E avec les bases organiques et ses conséquences sur les concepts d'acidité de Bronsted-Lowry et de Lewis.

PHILIPS RESEARCH REPORTS. — T. 6, n° 4, août 1951.

J. B. de BOER : Calculs sur la répartition de la lumière produite par les feux d'approche et les feux de pistes des aérodromes. — **G. J. FORTUIN** : Pouvoir visuel et visibilité. — **K. S. KNOL** : Mesure de la température électronique de la décharge dans les gaz par des mesures de bruits. — **J. M. LUTTINGER** : La propagation des ondes dans les structures à une dimension.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES
contenues dans le tome LVIII de la R. G. S.

I. CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

II. ARTICLES ORIGINAUX

Biologie et Médecine

Chimie et Chimie-Physique

Géologie

Mathématiques

Histoire et Philosophie des Sciences

III. BIBLIOGRAPHIE

TABLE ANALYTIQUE DES AUTEURS

Note de la Rédaction. — Désireux de réduire au minimum la place occupée par les tables, nous nous sommes contentés d'indiquer ci-dessous les noms des auteurs dont les ouvrages ont été analysés dans le tome LVIII.

A

B

C

D

E - F

Dépôt légal 1er trimestre 1952 : n° 5268. Le Gérant : R. CONSTANS.
Imprimerie Jacques et Demontrond, Besançon. — 104 - 1-52.